

المكتبة  
الثقافية

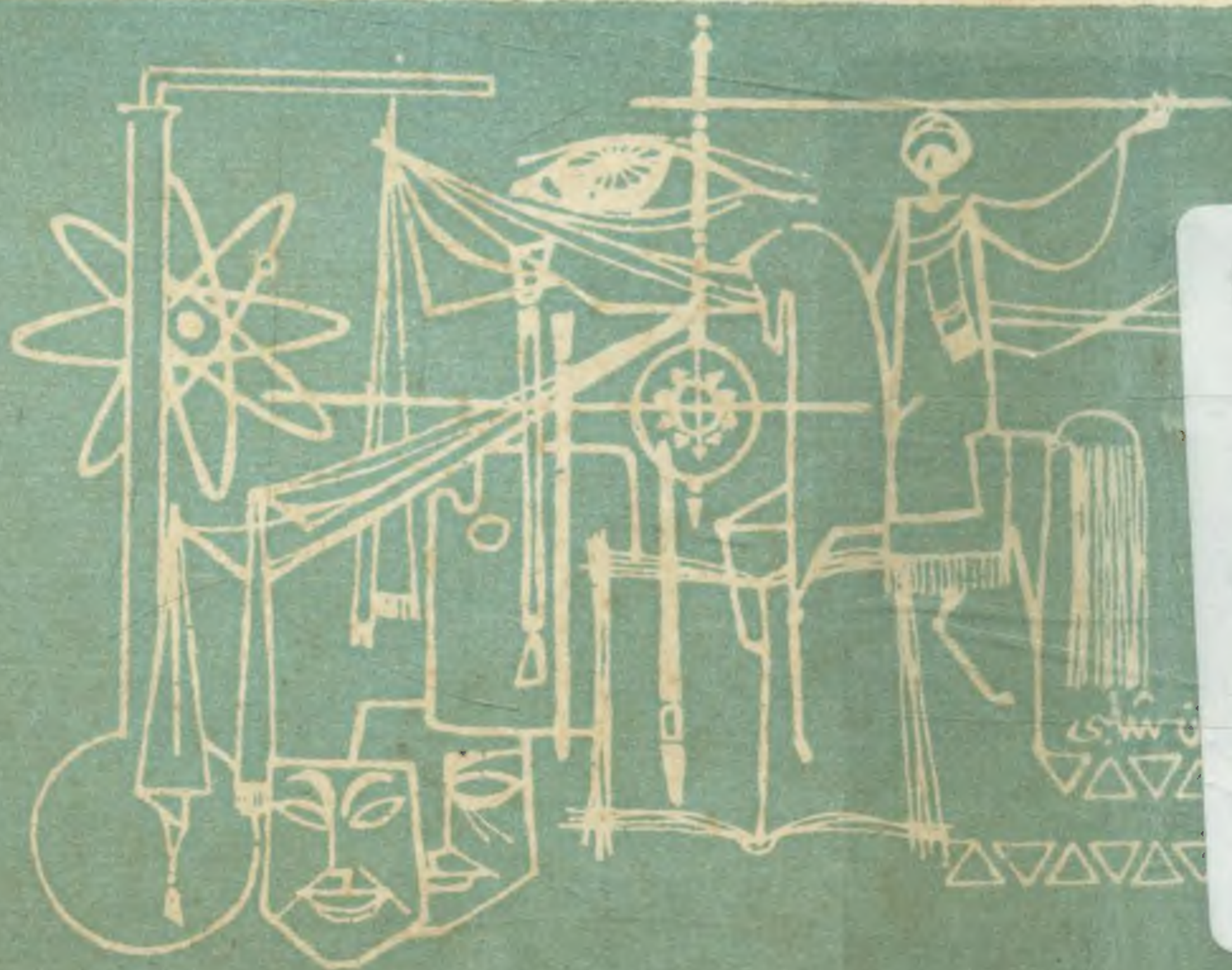
العدد ٢١٢

المؤسسة المصرية العامة للتأليف والنشر

دار الكاتب العربى للطباعة والنشر

# شُفرة الحياة

دكتور محسن كامل عراض



572  
A9



**إهداء ٢٠٠٩**

المرحوم الدكتور / محمد فتحي أحمد محمد سيد

**جمهورية مصر العربية**

المكتبة الثقافية

جامعة حرة

٢

# شجرة الحياة

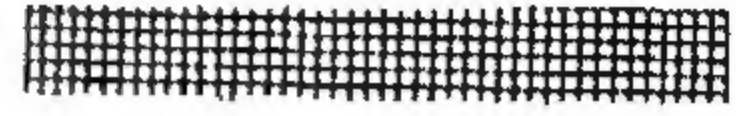
دكتور حسن كامل عواض

دار  
الكاتب العربي  
للطباعة والنشر  
بالقاهرة

وزارة الثقافة  
المؤسسة المصرية العامة للتأليف والنشر  
دار الكاتب العربي للطباعة والنشر



# تقديم



يرمى تقديم هذا الكتيب للقارئ العربى الى هدفين :  
أولهما عرض مبسط لبعض الأحداث العلمية الهامة التى  
تجرى اليوم فى جبهة العلوم البيولوجية ، وثانيهما أن  
يتم هذا العرض من خلال إبراز معالم المنهج العلمى الحديث،  
تلك المعالم التى يرى عدد غير قليل من المخلصين للحركة  
العلمية أنها لم تعد واضحة تماما فى أذهان الكثير من  
العاملين فى الحقل العلمى .

وقد تعمدنا أن نقدم المادة العلمية التى يحتويها هذا  
الكتاب من خلال عرض المنهج العلمى الذى تتم من خلاله  
عملية الكشف العلمى ، ونحن نعلم أن معالم هذا المنهج  
نشأت كفصل من فصول الدراسات الفلسفية والمنطقية  
وما زالت حتى اليوم تدرس فى معاهدنا وجامعاتنا كجزء  
من الدراسات الانسانية دون أن تدرى بها جمهور العاملين  
فى ميدان العلوم الطبيعية . . . هذا فى الوقت الذى يرى  
فيه عدد غير قليل من القادة العلميين أن دراسة المنهج  
العلمى بطريقة نظامية جادة أصبحت ضرورة ملحة اذا ما

أردنا أن نثمر جهودنا المضنية ورغبتنا التي لا شك في  
اخلاصها في أن نؤسس تقدمنا ونموها على أسس علمية  
سليمة . . . ولذلك فقد تعمدنا إبراز بعض معالم المنهج  
العلمي الحديث خلال تقديمنا للمحتوى العلمي لفصول هذا  
الكتاب وقد يبدو هذا الأسلوب شاقا لأول وهلة . . . إلا  
أننا نعتقد أن لهذا الأسلوب فضائل ومزايا عديدة :

**أولا :** إن دراسة المنهج العلمي بطريقة نظامية تزيل  
الرغبة التي تحيط بعملية الكشف العلمي فإن التتبع  
السطحي لأخبار العلوم يعطى إحساسا خاطئا بأن عملية  
الكشف العلمي عمل خارق من أعمال العبقريّة أو أنها  
وليده الصدفة النادرة أو الحظ أو الإلهام . ولكن دراسة  
المنهج العلمي ستزيل هذه الأوهام فسرعان ما سندرك أن  
عملية الكشف العلمي ان هي في واقع الأمر الا تطبيق  
منظم لقواعد ليس من العسير أن يقوم بدراستها طالب  
العلم المبتدئ فضلا عن أن يطبقها فإن طبيعة العمل العلمي  
الحديث قد أنهت عصر البطولات العلمية الخارقة فقد انتهت  
بالفعل الحقبة التي كانت تهبط فيها أفكار الكشف العلمية  
كالإلهام أثناء استحمام العلماء أو شرودهم أو مراقبتهم  
لسقوط الثمار من الشجر ، فالعمل العلمي اليوم يتم من  
خلال الاستخدام المنظم لقواعد المنهج ويتحقق من خلال  
الاستعمال الواعي للتكنيك العلمي الحديث يقوم به فريق  
متكامل من العاملين . . .

**ثانيا :** قد أوردنا عددا من الأمثلة في هذا الكتاب

تعد شاهدا على ما يمكن أن يكتسبه الجهد العلمى المبذول من فاعلية وكفاءة اذا ما اهتدى هذا الجهد بنور منهج علمى واضح المعالم كنقيض لما يسود العديد من ميادين النشاط العلمى الراهن من أسلوب العمل المسحى اللاهث وراء الأشتات والجزئيات وقد تعمدنا اختيار عدد من المواقف العلمية تتميز بالتعقيد البالغ وبالتعدد الهائل للمتغيرات السائدة فى الظاهرة التى يتناولها البحث ، ثم بينا الخطوات الذكية الفطنة التى اتخذها العلماء المسلحون بأساليب منهجية فعالة لشق الطريق وسط مئات التفاصيل للوصول الى القلب النابض للظاهرة البيولوجية ولتحقيق الكشف العلمى المذهل الواحد تلو الآخر ، كل ذلك يتم بأقل مجهود ممكن وبسلسلة من التجارب القصيرة الرشيقة كلها مستمدة من نسيج منطقى واحد ٠٠٠ ان ابراز مسالك الكشف العلمى هذه لا يقل اثارة عن ابراز نتائج الكشف نفسها ، فهذه النتائج قد تعوزها الدقة أو يجانبها الصواب ولكن أسلوب العمل يظل جادا وفعالا أبدا ويظل دائما محتويا على قوى الخلق والابداع ٠٠٠

ان مثل هذا الأسلوب فى عرض نتائج البحوث العلمية لخلق بأن يبعث فى نفوسنا الايمان بالعلم ويرسى قواعد الاعتقاد بأن أعقد مشاكل الحياة قابلة للتناول العلمى المنظم ٠٠ ونحن فى سباقنا مع التخلف فى أشد الحاجة لأن نزيد من ايماننا بالطاقة الكامنة فى العمل العلمى كما أنه من الحيوى أن نستثمر ما نبذل من جهود



علمية لتعطينا أعلى درجة من الكفاءة لا تتحقق بالعفوية والعمل المسحى بل بالاستخدام المنظم للمنهج العلمى .

**ثالثا :** ان الاستخدام المنظم لقواعد المنطق الصورى والاستقراء المنطقى يميز العمل العلمى فى أكثر فروع العلوم الطبيعية تقدما فى الآونة الأخيرة وان ابراز هذا الاستخدام كسمة رئيسية من معالم المنهج العلمى من شأنه أن يزيل الانقسام المصطنع القائم اليوم بين العلوم الطبيعية من ناحية والفلسفة وعلم المنطق من ناحية أخرى ، ومن شأنه أيضا أن يعيد للشقافة وحدتها ، تلك الوحدة التى فتتها اعتبارات تقسيم العمل والتخصص ، فمن العسير اليوم أن نصنف البحوث البيولوجية تصنيفا جامدا ففيها من الفزياء قدر ما فيها من كيمياء ورياضيات وعلوم الاحصاء ، كل هذا يتم فى أكثر البحوث البيولوجية اثارة ، من خلال نسيج منطقى صريح وواضح المعالم يعيد للأذهان أيام كانت العلوم الطبيعية الابن البكر للفكر الفلسفى .



## الفصل الأول

# البحوث البيولوجية بين المنهج والتكنيك

اهتمام الانسان بالكائنات الحية وبظواهر الحياة  
اهتمام قديم لارتباطها الوثيق بمصادر غذائه ومقومات  
وجوده وصحته ، ويتعامله مع صنوف الحيوان والنبات  
الضار منها والنافع ، ولارتباط هذا كله بسد حاجاته  
المادية أو درء الأخطار والأمراض عنه .

وبالرغم من هذا الاهتمام القديم الا أن الدراسات  
النظامية لهذه الكائنات لم تبدأ الا منذ ثلاثة قرون فحسب،  
ففى القرن الثامن عشر قام علماء البيولوجيا بدراسات  
تصنيفية لأنواع النبات والحيوان المعروفة لهم فى ذلك  
الوقت وأثمرت جهودهم الشاقة المضنية وضع الاطار  
العام لتقسيم المملكتين النباتية والحيوانية المعروف لدى  
طلاب العلوم البيولوجية اليوم ، وتقدم علماء هذا القرن  
كذلك باحدى النظريات العلمية الهامة فى علم الحياة وهى  
نظرية وراثة الصفات التى يكتسبها الأفراد أثناء حياتهم

التي اقترحها لامارك وآخرون والتي ما زالت تشير الجدل حولها حتى الآن .

وقدم علماء القرن التاسع عشر أكثر نظريات علم البيولوجيا تأثيرا وشهرة وهي نظرية التطور التي قدمها دارون وولاس والتي ربطت بين أشتات المملكة الحيوانية في سلسلة تطورية وارتقائية واحدة ، واقترحت التفسيرات العلمية للقوى الدافعة لعملية التطور والارتقاء على أساس وجود تباين بين الأفراد يؤدي الى تفاوت فرصها في البقاء أثناء الظروف غير المواتية حسب المبدأ الدارويني الشهير « البقاء للأصلح » .

ويتميز القرن التاسع عشر كذلك بادخال المنهج التجريبي على نطاق واسع في العلوم البيولوجية وكان من أهم نتائجه تجارب مندل الشهيرة التي استنبط منها قوانين الوراثة المعروفة باسمه والتي كان لاعادة اكتشافها في أوائل القرن العشرين أثر بالغ ليس فقط في ميدان العلوم البيولوجية بل في مجال القضايا الفكرية والانسانية كذلك .

أسهمت بيولوجيا القرن التاسع عشر اذن بعدد من النظريات والمفاهيم العلمية لها من صفة الشمول ما كان له بالغ الأثر على قضايا الفكر ، ونظريتا التطور والوراثة مثالان بارزان لتأثير العلوم البيولوجية على القضايا الفكرية والفلسفية في العصر الحديث ويجب أن نسجل هنا أن

هذه الكشف العلمية تمت فى ذلك الوقت باستخدام أدوات متواضعة للبحث كانت قاصرة فى كثير من الأحيان على تسجيل المشاهدات أو إجراء التجارب البسيطة باستخدام تكتيك متواضع بالنسبة لما يتوافر للباحثين اليوم .

وبالرغم من بدائية وسائل البحث المادية إلا أن المنهج العلمى المستخدم كان واضحا فى أذهان المشتغلين كما أن جذور هذا المنهج المنطقية وأصوله الفلسفية لم يكن قد تباعد بها الزمان أو انتابها النسيان أو الغفلة فضلا عن أن بساطة أدوات البحث لم تعش عيون الباحثين بالضوء الباهر الذى تثيره التكنولوجيا الحديثة فكان من الطبيعى أن تناسب الاستنتاجات العلمية فى تيار منطقي واضح الى أكثر نظريات البيولوجيا شمولاً وهى التى ما زالت لها فعاليتها حتى اليوم .

وقد وضع تقدم التكتيك العلمى فى أيدي الباحثين فى العلوم البيولوجية أسلحة ماضية فلم يعد منتهى طموحهم يقف عند حد تسجيل الملاحظات الوصفية لمظاهر الحياة أو يتجاوز ذلك الى دراسة الصفات المجهرية الدقيقة بل امتد هذا الطموح الى أغوار الخلية الحية وعواملها الداخلية من نواة وجسيمات دقيقة أمكن فصل بعضها عن البعض وإجراء التجارب عليها منفصلة أو مجتمعة ، كما وضع تحت تصرف الباحثين عدد هائل من الطرق العملية المتقدمة التى تسربت من معامل الكيمياء والفيزياء الى معامل البيولوجيا .





يواجه الباحثون في الميدان العلمى اليوم بتحديات استخدام التكنيك الحديث وما يستلزمه من تدريب طويل وشاق لاكتساب الخبرة والمران . وقد أدى هذا فى كثير من الأحيان الى تركز الاهتمامات العلمية حول تكنيك معين بدلا من تركزه حول نظرية أو اتجاه علمى خاص . وامتلا ميدان العمل العلمى بالباحث « ذى التكنيك » أكثر من امتلائه بالباحث « ذى النظرية » بل ان تقسيم العمل نفسه كان أساسه فى كثير من الأحيان استخدام تكنيك معين بدلا من تقسيمه على أساس المشاكل البيولوجية المختلفة . وكان من الطبيعى أن يؤدى هذا كله الى تراكم كمية هائلة من البيانات والمعلومات العلمية الناجمة عن الاستخدام

## جيمس ديوى واطسون

من مواليد شيكاغو بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٢٨ ويتميز تاريخه العلمى بالتفوق والنبوغ ، وقد حصل على بكالوريوس علم الحيوان عام ١٩٤٧ وعلى دكتوراه العلم نفسه عام ١٩٥٠ ، وبعد قضاء عامين فى الدانهرى اشتغل فى جامعة كمبردج بمعمل كافندش الشهير حيث التقى بكريك وبدأت صداقتهما العظيمة التى اثمرت نظريتهما عن تركيب جزيء ح . د . ن من صفيرتين التى نشرها معا فى ١٩٥٣ .

وقد عاد واطسون عام ١٩٥٥ الى معمل كافندش ليقيم مع زميله النظرية المسماة لتركيب الفيروس . ثم يعود الى الولايات المتحدة ليعمل فى قسم البيولوجيا بجامعة هارفارد ويصل الى درجة استاذ عام ١٩٥٨ هو فى الثلاثين من عمره . وقد جذب اسم واطسون الى قسمه عددا من مشاهير العلماء من اوربا عملوا معه فى المسائل المتعلقة بشفرة بناء البروتين وتركيب الكائنات الدقيقة .

وقد حصل واطسون على ست جوائز علمية كبرى آخرها جائزة نوبل عام ١٩٦٢ وقد شاركه كريك فى خمس من هذه الجوائز .

الواسع للتكنولوجيا الحديثة وقد أدى هذا كله الى زيادة أعباء المبتدئين فى دراسة البيولوجيا فاندفعوا فى خوض بحر الدراسة التفصيلية الجزئية دون العناية الكافية بالمنهج العلمى وبأصوله المنطقية . ولم يكن هذا الموقف قاصرا على العلوم البيولوجية، فلعل الانفصام بين الفلسفة والعلم ظاهرة تميز النشاط العلمى بوجه عام فى الأزمنة المعاصرة ، ولكن أثر هذا الانفصام يبدو واضحا فى ميدان البحوث البيولوجية ، مما أدى الى أن يسود الميدان العلمى اتجاه « العلماء الموسوعيين » بكتاباتهم المفصلة فى مجال الدراسات التصنيفية والحسابات النظرية واعداد جداول البيانات والثوابت البيولوجية أو فى ميدان الأجهزة العلمية وتصميمها ، وما أن يظهر فى الميدان العلمى تكنيك أو جهاز جديد حتى يعقب ذلك سيل من النشرات والمقالات العلمية ذات الطابع المسحى وتكاد أن تكون عفوية من شدة اتساع نطاقها .

### أزمة اليقين البيولوجى

ان العمل العلمى فى الأزمنة الحديثة يتميز بالاهتمام البالغ بالتكنيك الذى احتل مكان الاهتمام التقليدى بالمنهج، فنادر من النشرات العلمية اليوم ما يبرز فيها كاتبها المنهج العلمى الذى اتبعه أو يقوم بتقديم التركيب المنطقى لبحثه بل ان دراسة هذه المناهج العلمية مع فلسفة العلوم تتم اليوم فى أغلب الجامعات داخل اطار الدراسات الانسانية



وليس كجزء لا يتجزء من الدراسات العلمية الخالصة .  
ساد هذا الاتجاه نحو التكنيك العمل العلمى عامة  
ومجال البحوث البيولوجية خاصة فنسيت الجذور الفلسفية  
والمنطقية لطبيعة البحث العلمى وأغرق الباحثون أنفسهم  
فى خضم التفاصيل الفنية الدقيقة وبحار من البيانات  
والمعلومات البيولوجية فكان من الطبيعى أن يدرك الدارس  
فى العلوم البيولوجية مدى التعقيد البالغ الذى تتسم به  
الظاهرة أو العملية البيولوجية وبلدت الأمور أمام السواد  
الأعظم لهم أنه لا توجد ثمة بارقة أمل لأى معرفة أساسية  
لهذه الظواهر ، هذا الموقف لحصه أحد البيولوجيين فى  
اجتماع علمى بقوله : « لا توجد خليتان لهما نفس الخصائص  
.. فعلم الحياة هو علم الأنظمة المتباينة » . وتصور  
الكثيرون أن مهمة الدارسين لا تعدو أن تكون « إضافة  
حجر جديد آخر لمعبد العلوم » ، دون ثمة بارقة أمل  
فى أن ينتهى ذلك الى صورة متكاملة شاملة تقر بها عين العالم  
ويثلج بها فؤاده خلال حياته .. هذا التسليم باستحالة  
المعرفة الأساسية للظواهر البيولوجية ساعد على انتشاره  
ما كشف عنه العلم من تعقيد بالغ تتسم به الظواهر  
البيولوجية فضلا عن التباين أو التغاير الكبير الذى يميز  
الظاهرة الواحدة والتعدد الضخم للعوامل المؤثرة عليها  
بحيث بدا أنه لا يوجد ثمة بصيص من أمل فى أن توصف  
ابسط العمليات الحيوية وصفا كاملا مضبوطا يصل فى  
دقته الى ما وصلت اليه العلوم الكيميائية أو الفيزيائية .

قد ساد هذا الاعتقاد الموقف العلمى فى ميدان العلوم البيولوجية فى الدول الغربية بوجه عام حتى أوائل خمسينات هذا القرن ، بحيث بدا أن العلوم البيولوجية تواجه أزمة تذكرنا بأزمة مماثلة واجهتها الفيزياء الذرية فى الثلاثينيات عندما قدم هاينز بروج نظريته المسماة « قاعدة عدم اليقين » التى تقرر استحالة تحديد موضع الالكترونات أثناء وجودها فى مداراتها حول نواة الذرة فضلا عن أن أية محاولة من جانبنا لتحديد هذا الموضع من شأنها أن تعدل أو تغير منه هذه القاعدة لم يقتصر أثرها على علم الفيزياء فحسب بل ان عددا من الكتاب والمفكرين أزعجهم ما يبدو أنها تشير من تشكك فى استحالة تفهم الانسان لأسرار الطبيعة ويبدو هذا واضحا فى كتابات جينز وأدينجتون وغيرهما من علماء الفيزياء الذين أنهوا حياتهم العلمية بالالتجاء الى الكتابات الفلسفية مثيرين الشكوك فى جدوى جهود الانسان المضنية لفهم ظواهر الطبيعة .

ولكن قاعدة عدم اليقين هذه سرعان ما أدت الى خلق ما « ينقضها » بالمعنى الذى يستخدمه المناطقة الجدليون شأنها فى ذلك شأن العديد من النظريات العلمية المؤثرة فى تقدم العلوم والفكر وذلك عندما أعلن بوهر نظريته المسماة « بالنظرية التكميلية » التى تتضمن قاعدة « عدم اليقين » ولكن فى صورة جديدة لا تبعث على اليأس من امكانية المعرفة ، هذه النظرية تقرر باختصار انه من الممكن التعبير عن الخصائص الفيزيائية المصاحبة للجسيمات الذرية أو

النووية تعبيراً رياضياً مضبوطاً إذا ما « ازدوجت » هذه الخصائص على شكل حاصل ضرب زوج منها فيمكن مثلاً كتابة معادلة مضبوطة تتضمن مضروب الطاقة والزمن أو مضروب العزم والازاحة أو مضروب العزم الزاوى والزاوية هذا التعبير يشمل كمية معينة تحدد مقدار الخطأ الناجم عن القياس التجريبي لحاصل الضرب ، هذه الكمية هي ما يعرفه طلاب الفزياء باسم « ثابت بلانك » . فاليقين هنا اتخذ له مضمونا جديدا فلم يعد يستخدم بمعناه المطلق ويلتزم بالقياس المضبوط لكمية فزيائية معينة بل « يقين » تحديد كمية الخطأ الناشئ عن قياس القيم التى يتخذها حاصل ضرب زوج من الخصائص الفيزيائية .

ولم تكن النظرية التكميلية هى المخرج الوحيد للفزياء الذرية من مأزقها فسرعان ما وجدت نظريات الاحصاء الرياضى والاحتمالات مكانها فى الميدان ، وكلها تشمل مفاهيم رياضية تسلم بوجود التفاوت والتباين وتحتمل أقدارا من التباين والاختلاف . فان كنا لا نستطيع تحديد مكان جسيم ذرى فانه من الممكن ، بمعرفة عدد من المتغيرات ، تحديد احتمال وجوده فى موضع ما مع تحديد كمي دقيق لكمية الخطأ الناشئ عن تقدير هذا الاحتمال ، كما أنه من الممكن كذلك حساب احتمالات اكتساب الجسيمات الذرية لسرعات أو عزوم أو طاقة معينة بحيث يمكن التعبير عن هذه القيم جميعها بدلالة عدد من المتغيرات



التي تعيننا ، بوسناسة معادلات رياضية مضبوطة تشمل  
حدودا « احتمالية » . . .

ومن حسن الحظ أن الطبيعة تتميز بالغنى المفرط في  
وحدات المادة الأساسية وهذا من شأنه الاقلال من مقدار  
الخطأ الناشئ عن تقدير احتمال ما ، بحيث يصل هذا  
الخطأ الى مقادير متناهية في الصغر . . وهذه قاعدة ورثتها  
الفزياء النووية والذرية من نظريات الاحصاء الرياضى .

لا يعبر « اليقين الجديد » اذن عن ظواهر الطبيعة  
يقينا مطلقا ، فبدلا من قولنا « انه لو تجمعت ظروف معينة  
فان حدثا بعينه سيحدث » نقول بلغتنا الاحتمالية الجديدة  
« انه لو تجمعت ظروف معينة فان هناك احتمالا مقداره  
كذا أن يحدث هذا الحدث » . خرج علم الفزياء اذن من  
مأزق « عدم اليقين » بإعادة النظر في تعريف بعض مفاهيمه  
. . وان الانتصارات المذهلة المعروفة لدينا جميعا التي  
حققتها العلوم النووية والذرية لتشهد بسلامة وصحة  
هذه المفاهيم الجديدة .

آثرنا أن نستطرد في شرح أزمة « عدم اليقين » التي  
انتابت الفزياء الذرية والنووية بغرض بيان أوجه الشبه  
في تاريخ العلوم المختلفة وفي علامات طريق نموها  
وتطورها وستتضح لنا أوجه الشبه هذه عندما نعود الى  
« المأزق » الذى وجدت العلوم البيولوجية نفسها فيه في  
أوائل خمسينيات هذا القرن ، « فعدم اليقين » الفزيائى

تقابله فى العلوم البيولوجية الأفكار التى سادت الميدان العلمى آنذاك بعدم امكانية الفهم الكامل والاساسى للعملية البيولوجية . فمهما بدت بساطتها فانها تتضمن عددا لا سبيل الى حصره من العناصر والمتغيرات . وبقي لنا ان نتساءل : هل خرجت العلوم البيولوجية من مأزق « عدم يقينها » ؟ وان كانت قد اجتازت هذه المحنة بالفعل ، فماذا كان سبيلها الى ذلك ؟ دعنا الآن نتحسس طريقنا محاولين الاجابة عن هذين السؤالين .

### **البيولوجيا الجزئية تجد المخرج من «عدم اليقين» البيولوجى:**

شهدت أوائل الخمسينات براعم فرع جديد من فروع العلوم البيولوجية على أيدي عدد من الباحثين من طراز فكرى جديد ، هذا الفرع هو ما يعرف الآن باسم « البيولوجيا الجزئية » وهو وان كان لا يزال يافعا الا أن ما أحرزه من الانتصارات فى الأعوام الخمس عشرة الماضية يسترعى الانتباه والتأمل . وأنباء هذه الانتصارات كثيرا ما تتخذ طريقها الى أعمدة الصحف السيارة لما لها من أهمية تهم جماهير قرائها ، ولعل من أحدث الأنباء التى من هذا النوع ما نشرته الصحف حديثا عن نجاح الكيميائيين فى تحضير مركب بيولوجى معقد بطريقة عملية صناعية وهو مركب الانسيولين الذى تفرزه غدة البنكرياس فى الحيوانات الشديدة بما بيننا الانسان . وسيتضح لنا بعد تعريفنا لهذا الفرع، لماذا اخترناه بالذات لبدء مناقشتنا لامكانية خروج العلوم

البيولوجية من مأزق « عدم اليقين » الخاص بها ، فهذا العلم يتناول دراسة النشاط الحيوي والكيميائي للخلية الحية ليس باعتبارها وحدة كلية فحسب بل مع الخوض كذلك داخل عواملها وجسيماتها الداخلية الدقيقة . وقد أدى الطموح المتزايد الذي ساد ميدان العمل العلمى فى هذا الميدان الى التناقص المطرد فى حجم الجسيمات التى يمكن التعامل التجريبي معها الى أن وصل ذلك الى جزيئات المركبات الموجودة فى داخل الخلية مثل الجزيئات البروتينية أو الاحماض النووية والانزيمات ( الحماثر ) وغيرها من المركبات الحيوية ، وساعدت الحصىلة الضخمة من التكنيك ووسائل البحث العملية التى ورثتها البيولوجيا عن العلوم الفيزيائية والكيميائية على تحقيق الظروف العملية المناسبة التى تجعل من تناول التجريبي على هذا المستوى الجزيئى أمرا قابلا للتحقيق .

سنقوم فى الفصول القادمة باستعراض النتائج العملية المذهلة التى تحققت فى هذا الميدان ، ونكتفى الآن بأن نشير الى أن هذه النتائج قد استوقفت نظر العاملين فى حقول العلوم الطبيعية . فهناك اجماع لا يرقى اليه الشك على أن معدل التقدم فى هذا الفرع يفوق مثيله فى غالبية أسرة العلوم الطبيعية ولا يدانيه فى هذا الصدد سوى علم فزياء الجسيمات ذات الطاقة العالية المتفرع من الفزياء الذرية والنووية .



من المحتمل أن نتساءل عن أسباب هذا التفوق الواضح ويجب أن نذكر على الفور أن العمل في هذا المجال لا يختص بتكنيك معملى معين لا يتوافر لغيره من ميينادين البحوث البيولوجية ، كما يجب أن نستبعد منذ البداية الاحتمال الذى قد يخطر للبعض بأن سر معدل النمو العلمى هذا يرجع الى السهولة النسبية للمشاكل التى يتناولها العمل العلمى فيه ، فواقع الأمر على النقيض من ذلك تماماً ، فالتحديات التى تواجه الباحث فى هذا الحقل تحديات أساسية تمس القلب النابض لأسرار العمليات البيولوجية بما فيها من تعقيدات كانت تعتبر الى عهد قريب من الأسرار والطلاسم التى لا حل لها . لا مفر اذن من امعان النظر فى أساليب المنهج العلمى المتبع فى هذا المجال ، فلعل سر هذا التفوق يكمن فى التفوق المنهجى الذى نجح المشتغلون فى هذا الفرع فى تسليح أنفسهم به مما سمح بمعدلات نمو عالية بما يحققه من فعالية الجهد المبذول فى البحث وكفاءته

### معالم المنهج العلمى المستخدم فى بحوث البيولوجيا الجزيئية :

ما هى اذن السمات المنهجية الرئيسية التى تميز أسلوب العمل العلمى فى ميدان البيولوجيا الجزيئية ؟ ان أولى هذه السمات وأكثرها وضوحاً أن العاملين فى هذا الحقل يكونون فى العالم الغربى ما يشبه أسرة دولية مترابطة يتحقق بين أفرادها من وسائل الاتصال والتفاهم ما ساعد

على ايجاد وحدة منهجية تسود العمل فى هذا الميدان ، وقد ساعد على تدعيم هذه الوحدة وجود مجله علمية دورية أساسيه واحدة لنشر بحوث البيولوجيا الجزيئية يعد النشر فيها مقياسا لنجاح الباحث الناشئ ومحط أمله ، ومما لا شك فيه ان توحيد جهة النشر من شأنه أن يوحد معايير التقييم العلمى والمنهجى وهذا يخلق بدوره تقاليد واضحة لاسلوب البحث ومناهجه . ويقود هذه الأسرة الدولية عالمان شهيران يقومان بدور الأبوين الروحانيين له هما واطسون من جامعه هارفارد فى الولايات المتحدة و كريك من جامعه كمبردج بانجلترا ، فاسمهما مرتبط بنشأة البيولوجية الجزيئية اذ أن كشفهما الشهير عن تركيب الحامض النووى، وهو المكون الرئيسى لنواة الخلية الحية ، عام ١٩٥٣ يحدد بالفعل ميلاد هذا الفرع من العلوم البيولوجية .

وقد كان من حظ الكاتب ان أتاح له الظروف أن يحضر محاضرة تذكارية ألقاها « كريك » فى شتاء عام ١٩٦٥ فى معهد ماساشوسيتس للتكنولوجيا بدعوة من صديقه واطسون ولم نشهد من قبل جمعا غفيرا بهذا الحجم جاء ليستمتع لمحاضرة « كريك » وعنوانها « الشفرة الوراثية لبناء البروتين » . فقد امتلأت قاعة المحاضرات بما يزيد عن ألف مستمع وهو عدد يندر أن يجتمع لسماع محاضرة فى موضوع علمى متخصص . وهذا فى حد ذاته دليل على ما يتمتع به المشتغلون فى هذا العلم من سمعة عالية . وان من بين ما يسترعى النظر فى الساعاتين اللتين

استغرقتهما المحاضرة والساعة الكاملة من المناقشة التي  
تلتها أن كريك في اعداده لحديثه لم يستعن فقط بأحدث  
ما هو منشور عن موضوعه بل وكذلك بما هو قائم بالفعل  
في معامل العواصم المختلفة من بحوث جارية ، وهو في  
اتصاله بهذه المعامل يستخدم كل الوسائل المتاحة للإنسان  
في النصف الثاني من هذا القرن ، من اتصال تيليفونى  
عبر القارات الى الانتقال الجوى لعقد المؤتمرات والمناقشات  
العلمية العاجلة . ولعل هذا فى حد ذاته يعتبر ، كما  
سبق أن أشرنا ، أحد الدعائم المنهجية المستخدمة ، فالتعميم  
الواسع النطاق للخبرات العلمية ، وتوصيل نتائج البحوث  
الجارية أولا بأول الى المشتغلين فى الميدان دون انتظار  
وسائل النشر التقليدية ، واتاحة فرص الاستفادة من  
الامكانيات العملية والخبرات الفنية النادرة التي قد تتوافر  
فى مكان دون ما عداه ، كلها وسائل فعالة تزيد من العائد  
العلمى لما يستثمر فى البحوث من جهد ومال . . وان هذا  
يمثل أيضا نموذجا يحتذى للتعاون الدولى المثمر بين  
المشتغلين فى حقل علمى واحد ، ولعله علامة من علامات  
الطريق نحو مستقبل توضع فيه وسائل الانتقال والاتصال  
التي توفرها حضارة العصر ليس فقط فى خدمة رجال  
السياسة والأعمال وطلاب المتعة والسياحة ، بل كذلك فى  
متناول الأسر العلمية الدولية مما يساعدها على مواجهة  
التحديات الضخمة بامكانيات وخبرات متكاملة .  
دعنا نعود لنأمل عنوان محاضرة كريك . . « الشفرة



الوراثية لبناء البروتين » ودعنا نستفيض قليلا في المحتوى العلمي الذي ينطوى تحت هذا العنوان ، وعذرنا في الاستفاضة أن ذلك سيبرز لنا ثانی المعالم المنهجية للبيولوجيا الجزيئية .

ان موضوع « الشفرة » هذا يمس شغاف قلب الظاهرة الحية وصميمه ، فالنشاط البنائي للخلية الحية يرمى ، ضمن ما يرمى اليه ، الى بناء الجزيئات البروتينية المختلفة والتي تكون فصائل معروفة وتقوم بوظائف بالغة الأهمية ، فبعضها يدخل في تركيب الهيكل الداخلي للخلية ، والبعض يكون « الأنزيمات » أو العوامل الوسيطة التي تعجل من سرعة العمليات الكيميائية آلاف المرات وتشترك في كل العمليات الأساسية اللازمة لاستمرار حياة الخلية ووجودها ، والبعض الآخر تفرزه الخلية لينتقل الى أماكن أخرى من الجسم لاستخدامه في أغراض شتى ، والصفة الأساسية لهذه البروتينات أنها بالرغم من التعدد الهائل لفصائلها وأنواعها الا أن أى نوع منها له تركيب خاص يشبه الكلمات والجمل اللغوية ، والوحدات المكونة لجزيئاتها تشمل عشرين مركبا بالتحديد ، هي ما يسمى بالأحماض الأمينية وتقابل الحروف الأبجدية التي تتكون منها كلمات لغاتنا ، والمذهل أن كل فصيلة من فصائل المركبات البروتينية تتكون جزيئاتها من عدد محدد من هذه الأحماض تكون سلسلة تتتابع فيها الأحماض تتابعا ثابتا تماما كتتابع الحروف الأبجدية التي تكون كلمة

معينة ثم تتتابع الكلمات لتكوين « جملة » معينة ، فى نظام ثابت دقيق يميز الفصيـلة الواحدة من الفصائل البروتينية ، والمدهش أيضا أن الخلية الحية لها من القدرة على أن تكون عددا هائلا من جزيئات الفصيـلة الواحدة دون الوقوع فى أخطاء « هجائية » ذات بال ، وهى فى هذا تكاد تصل الى حد الكمال مما يشير الى وجود نظام محكم ذى دقة متناهية يندر أن ينتابه السهو أو الخطأ يتحكم فى بناء هذه « الجمل الجزيئية » ، هذا فضلا عن أن الخلية الحية لها قدرة على التعرف على أخطاء الهجاء التى قد يقع فيها جهازها البنائى فتعامل « الجمل المغلوطة » معاملة الدخيل الغريب وتعمل على اقصائها من الميدان .

العملية اذن تمس عملية حيوية أساسية تميز الخلية الحية وكانت تعد الى عهد قريب من الطلاسـم التى لا قبل لنا بفهمها وتقع فى نطاق « عدم اليقين البيولوجى » ، ولذا فانه من السهل أن نرى أن مجرد اقبال الباحث على تناول مشكلة من هذا النوع مستخدما الأساليب الجزيئية والمعملية ، هذا فى حد ذاته يتضمن افتراضا سابقا بأن الظاهرة الحيوية فى صميمها قابلة للمعرفة الأساسية ، هذا الافتراض هو أحد السمات الرئيسية التى يتميز بها التفكير العلمى فى ميدان البيولوجيا الجزيئية ، ولم يكن هذا من قبيل الأحلام أو الجعجعة الفارغة ، فما عرضه « كريك » فى محاضراته من نتائج علمية يقرر بوضوح

وبالأدلة العلمية أن عملية بناء الجزيئات البروتينية بتتابع « حروفها » « وجملها » الدقيق الصارم تتحكم فيه نواة الخلية الحية بواسطة أحماضها النووية التي ترسل أوامرها الدقيقة على شكل « رسائل » أو شفرة هي في حد ذاتها مركبات كيميائية ذات تركيب معين معلوم ، هذه « الشفرة » هي المسئولة عن دقة عملية البناء واحكامها ، ونحن نعلم اليوم معظم مفردات هذه الشفرة ونملك فضلا عن ذلك الوسائل المنهجية الفعالة التي أدت الى كشفها والتي تصلح لمعالجة غيرها من المشاكل العلمية المعقدة .

ولنا أن نستنتج إذن أن افتراض امكانية معرفة العمليات الحيوية التي من هذا النوع معرفة عميقة أساسية افتراض ضروري اذا ما قدر للعلوم البيولوجية أن تتخلص من قصورها ، ذلك القصور الذي حدا بعدد من أبنائها الى فقدان الأمل في الوصول الى ما وصلت اليه غيرها من العلوم الطبيعية من امكانية التعبير عن العمليات والظواهر البيولوجية تعبيرا مضبوطا . واكتشاف الشفرة هذا ليس الانتصار الوحيد للبيولوجيا الجزيئية فقد قدمت لنا عددا ضخما من المعلومات الأساسية عن العمليات الحيوية ، لم تعمق فهمنا في العلوم البيولوجية فحسب بل ساعدتنا أيضا على فهم الكثير من أسرار الأمراض التي تصيب الانسان والحيوان نتيجة لاختلال الوظائف الحيوية الأساسية للخلية الحية على المستوى الجزيئي لمركباتها .

ما السر إذن في نجاح البيولوجيا الجزيئية هذا ؟

ذكرنا حتى الآن سسمتين مميزتين للعمل في هذا الميدان  
أولاهما تتعلق بتكوين وحدة فكرية ومنهجية بين المشتغلين  
بالعلم والثانية سمة فكرية تتعلق بالايمان بما يمكن أن  
ينجزه الجهد البشرى من الوصول الى المعرفة البيولوجية  
الأساسية .

تقدم البيولوجيا الجزئية فيما تقدمه مفهوما  
بيولوجيا جديدا وهو أن ماتبدو عليه الظاهرة الحيوية من  
تعقيد يرجع الى « المستوى » الذى تبحث على أساسه هذه  
الظاهرة ، فكلما تعمقنا فى أعمال التركيب الحى حتى  
نصل الى المستوى الجزئى لمكوناته كلما قاربت الظاهرة  
البيولوجية فى طبائعها الأساسية ما نعرفه عن خصائص  
هذه الجزئيات فى الطبيعة فطريق الخلاص اذن يشير الى  
أن نجعل تعاملنا التجريبي ليس مع كائنات كاملة أو  
أنسجة معقدة أو حتى خلايا بسيطة ، بل مع ما هو دون  
ذلك بكثير ، فعندئذ نقابل الجزئيات التى تكون الهيكل  
الداخلى للخلية حيث تتم على هذا الصعيد ، الألفة والتعارف  
بيننا وبين هذه الوحدات الأساسية التى سرعان ما يتضح  
لنا أن للكثير منها مثيلا فى الطبيعة أو أن مكوناتها ان هى  
الا مركبات من الممكن معرفة خصائصها وتركيبها بل وقد  
نستطيع تحضيرها هى نفسها أو أشباه ونظائر لها .

تتميز العمليات البيولوجية - حتى فى أبسط  
أشكالها - بكثرة العناصر المشتركة فيها - أو بتعبير علمى  
أدق - بكثرة عدد المتغيرات فيها ، وتواجه الباحث كما



أسلفنا ذكره ، مشكلة تجسس طريقه وسط هذا العدد الهائل من المتغيرات دون أن يغوص فى بحر التفاصيل والجزئيات فيضل الطريق أو ينسحرف به الى متاهات لا مخرج لها . واستخدام النماذج التجريبية المبسطة يمثل أحد الوسائل التى يلجأ لها العلم فى مثل هذه الأحوال ، والنموذج المستخدم عادة ما يماثل العملية التى ندرسها فى عدد من خصائصها وصفاتها ولكنه يتميز عنها بوجود عدد محدود فقط من المتغيرات التى يمكن التحكم فيها ودراسة دور كل منها فى صورة أكثر نقاوة وبدون تداخل عناصر غريبة عن العملية ذاتها ، وتتميز البيولوجيا الجزئية بالاستخدام الواسع النطاق لهذا الأسلوب من التجارب ، وهذا الأسلوب فى حد ذاته ليس غريبا عن العلوم البيولوجية فتجارب كلود برنارد الشهيرة فى القرن التاسع عشر تتميز بالاستخدام الواسع لهذا التكنيك التجريبى وعلم الفسيولوجيا التحريبية ان هو فى الواقع الا استخدام منظم لهذا الأسلوب العلمى ، ولكن الجديد فى استخدامه فى البيولوجيا الجزئية هو امتداد هذا الاستخدام الى المستوى الجزيئى لدراسة الظواهر البيولوجية .

مثل هذا الأسلوب لم يسلم من الانتقاد والهجوم من جانب فريق المتشائمين من البيولوجيين الذين يقررون أن هذا لا يعدو أن يكون تبسيطا مخلا للعمليات البيولوجية المعقدة ، وأن التعامل التجريبى مع متغيرات يقل عددها عما هو عليه فى الواقع البيولوجى لا يمكن أن يؤدى الى

الصورة الكاملة للعملية البيولوجية كما تحدث في الكائن الحي . مثل هذا النقد سبق أن وجه للبيولوجيين التجريبيين في أوائل القرن التاسع عشر عندما أعلن المحافظون أن أسلوب التجريب العلمى الذى من شأنه التدخل فى التركيب التشريحي للكائن الحي لا يمكن أن يؤدي الى معلومات صحيحة عن الكائن ككل ، ونادوا بتخلي العلوم البيولوجية عن طموحها فلا تحاول تطبيق الأساليب المستخدمة فى العلوم الطبيعية ، هذا النقد لم يثبط همم التجريبيين فى القرن التاسع عشر فكانت ثمار جهودهم متمثلة فيما أعطته لنا علوم وظائف الاعضاء والبيولوجيا التجريبية من تراث بنيت عليه العلوم الطبية والزراعية وغيرها من العلوم البيولوجية التطبيقية فى أشكالها الحديثة ، كما أن نقد المحافظين المعاصرين لم يثبط همم المشتغلين فى البيولوجيا الجزيئية كذلك فكان أن جنينا ثمار جهودهم باقترابنا يوما بعد يوم من قلب العملية البيولوجية النابض وبمعرفتنا لكثير من أسرارها ، والنجاح العلمى الذى يحرزه تطبيق النتائج التى حصلنا عليها من النماذج التجريبية دليل على صحة هذه النتائج وسلامتها ، ونضرب مثلاً لهذا بالنجاح فى تحضير مركب الانسيولين الذى سبق أن أشرنا اليه فهو من أحدث ثمار تطبيق هذا المنهج السائد فى العلوم التجريبية اليوم .

ثمة سؤال علينا أن نطرحه عندما تواجهنا متاهة التفاصيل لدى تصدينا لدراسة ظاهرة بيولوجية ما : هل

هناك حد أدنى من التفاصيل يلزم لنا الامام به لفهم ما نتصدى له ؟ أم أنه يلزمنا معرفة التفاصيل جميعها ؟ . .  
يبدو أن الطبيعة على ما بها من تعقيد ظاهر إلا أن هنا عوامل أكثر تأثيرا وفعالية من غيرها في مسيرة العملية البيولوجية، والكشف عن هذه العوامل الحاسمة هو مهمة الباحث الفطن، ولا مندوحة من. التوجيه المنهجي الصارم الذى يقلل من فرص السير فى اثر العوامل الضئيلة الفاعلية أو اضاءة الجهد والوقت فى القيام بدراسات مسحية تفقدنا الاحساس بالاتجاه العام للحركة العلمية . . وهنا يكمن السر الأساسى لفاعلية المنهج العلمى المتبع فى ميدان البيولوجيا الجزيئية ونعنى بذلك تخطيط البحث العلمى على أساس من قواعد المنطق الصورى المعروفة والتى تناساها جمهرة المشتغلين فى العلوم الطبيعية فى زحمة العمل اليومى ، ووضع خريطة التركيب المنطقى للمشكلة العلمية خطوة أساسية قبل القيام بأى نشاط عملى يتناول المشكلة . والمنهج المنطقى المستخدم فى البيولوجيا الجزيئية مستمد من مبادئ الاستقرار المنطقى التى وضع « بيكون » أسسها ، ونجد معالم ذلك واضحة اذا ما تصفحنا عددا من أعداد مجلة « البيولوجيا الجزيئية » ، فمن السهل عند قراءة أى مقال بها أن نتبين التركيب المنطقى للبحث ، فغالبا ما يبدأ الكاتب بسرد عدد من الحقائق العلمية ثم يستعرض الكاتب الاحتمالات المنطقية التى يمكن أن تفسر هذه الحقائق وتربطها ببعض ببعض وقد يستبعد بعضها على ضوء الخبرة

العلمية المعروفة فى هذا الميدان ، وما يتبقى من الاحتمالات يعامل معاملة الفروض العلمية ثم يتصدى لشرح تصميم تجربته مع سرد النتائج المحتمل « منطقيا » أن تسفر عنه هذه التجربة وتبين أن هذه الاحتمالات من شأنها اما أن تثبت أو تدحض أيا من الفروض المقترحة ٠٠ ، ان مثل هذا التشريح المنطقى للعمل العلمى ينذر أن نجد مثيله فى التقارير البيولوجية خارج هذا المجال ، فان تطبيق هذا الأسلوب بشكل نظامى يميز بحوث البيولوجيا الجزيئية ، ومما لا شك فيه أنه من أهم أسباب فاعلية بحوث البيولوجيا الجزيئية وكفاءتها ، بضمانه الوصول الى النتائج المطلوبة بأقل جهد ممكن ، كما أنه يجنب الانزلاق فى تيار التجارب المسحجية التى ترمى - بوعى أو بدون وعى - الى دراسة الجزئيات بأسلوب استقصائى سرعان ما يدفع الباحث وسط متاهة التفاصيل المضنية .

وقد يبدو أن عدد الاحتمالات التى من الجائز منطقيا أن تفسر مانحن بصدد تفسيره من ظواهر ضخمة وكبير ، هذا فى حد ذاته لا يضعف من فاعلية أسلوب العمل على هذا الاساس المنطقى ، فالتكنيك الحديث وضع فى أيدينا الأجهزة الأتوماتيكية السريعة الأداء كما وضع تحت تصرفنا الآلات الحاسبة والعقول الألكترونية فضلا عما ورثته العلوم البيولوجية من قواعد الاحصاء الرياضى ، كل هذه الامكانيات تكفل لنا امتحان صحة عدد كبير من الفروض فى نفس الوقت ، والمهم ألا تجذبنا هذه «اللعبة»



وتنسينا معالم المنهج • وعلينا أن نذكر دائما أنها آلات صماء فحسب لا تقوم الا بما تؤمر ولا تجيب الا على ما تسأل عنه ، ووجودها تحت تصرفنا لا يغنينا عن التحديد الواضح للفروض المنطقية التي نريد أن نختبرها • • وذلك بتوجيه الأسئلة والأوامر النابعة من النسج المنطقي لفروضنا •

باستخدام هذا الأسلوب المنطقي أولا وبمساعدة الآلات والأجهزة الحديثة ثانيا قدمت لنا البيولوجيا الجزيئية « شفرة » الخلية الحية أو كادت • وستتوالى حتما انتصاراتها كما قدمت لنا الفزياء النووية كشئونها العظيمة باستخدام نفس المنهج المنطقي • • • ان النجاح الذى حققه الفرعان يعد فى حد ذاته دعوة ملحة لباقى أسرة العلوم الطبيعية لأن تسلك نفس الطريق فتضع خبرتها الضخمة من التكنيك فى خدمة المنهج •

ولسنا نريد أن نختم هذا الفصل بغير أن ندعو القارئ الى أن ينظر بعين التأمل والخيال الى ما يمكن أن يتحقق لنا اذا ما طبقنا الأساليب المنهجية السائدة فى البيولوجيا الجزيئية فى تناول مشاكلنا الملحة مثل مشكلة تزايد السكان أو مثل مشكلة البلهارسيا ، فنتصور أن المشتغلين فى أى من هذه المشاكل كونوا أسرة مترابطة مدعمة الصلات رائدها الفكرى النظرى أن المشكلة التى يتصدون لها قابلة للفهم والتناول العلمى بغرض حلها

حلا أساسيا ، . ثم توضع خطة البحث والعمل ، لا على أساس مسحي عفوي بل على أساس من وضع خريطة الاحتمالات المنطقية وصياغة الفروض وتصميم التجارب لاثبات أو دحض هذه الفروض الواحد تلو الآخر . كل هذا في إطار التكنيك العلمى المتقدم الذى لا يحق لنا اطلاقا أن نشكو من عدم توافره . . . ليس من العسير علينا أن نرى بعين الخيال والأمل النجاح الساحق الذى يمكن أن تحوزه مثل هذه المحاولة فى حل أعقد مشاكل حياتنا .

## الفصل الثاني

# الذات البيولوجية

تناولنا في الفصل الأول بعض مشاكل المنهج في العلوم البيولوجية وكيف شغقت البيولوجيا الجزئية طريقها باتخاذ منهج علمي فعال أدى استخدامه الى تقدم مذهل في هذا الحقل خلال فترة وجيزة ، وتتلخص معالم هذا المنهج في الاعتقاد الراسخ بأن الظواهر البيولوجية قابلة للتناول العلمي بغرض معرفتها معرفة أساسية ، وفي أنه من الممكن التغلب على ضخامة عدد المتغيرات المؤثرة في الظواهر البيولوجية باستخدام نماذج تجريبية مبسطة تتضمن عددا محدودا من العوامل تدرس تحت ظروف يمكن التحكم فيها ، كما يتضمن المنهج البحث المنظم عما أسميناه بالعوامل الحاسمة الأكثر فعالية في التأثير في الظاهرة البيولوجية ، كما أشرنا الى احياء الاستخدام المنظم لقواعد المنطق الصوري والاستقراء العلمي ، بحيث يصبح العمل العلمي مستمداً من نسيج منطقي صريح . . . .

سنتناول في هذا الفصل وفي الفصل الذي يليه تفصيل ما أوجزناه من معالم المنهج وسيكون تناولنا في

اطار عدد من المغامرات العلمية الشائعة فى الحقل البيولوجى  
طامعين ليس فقط فى أن نعلم الفهم لهذه المعالم المنهجية  
الأساسية ، بل أيضا فى احاطة القارئ غير المتخصص بما  
يجرى اليوم من أحداث فى جبهة العلوم البيولوجية . . .  
هذه المغامرات سنتسیر: بنا فى الطريق المزاخر الذى اجتازه  
العلم نحو فهم المشكلة التى تعرف فى الوقت الحالى  
« بشفرة الحياة » وسنبداً بعرض سريع لهذه المشكلة .

### « الذات البيولوجية » :

الاختلاف والتباين بين الأفراد ظاهرة نعلمها جميعا  
وننعم بآثارها حينما كما نقاسى منها أحيانا أخرى ، ففى  
كل منا السمات التى تميزنا عن الآخرين ، بعضها ظاهر  
مثل اختلاف طول القامة ولون البشرة أو الشعر أو العينين  
أو تقاطيع الوجه وملامحه الى غير ذلك من الصفات  
الخارجية ، الا أن هذا يعكس اختلافات داخلية بيولوجية  
عميقة فهناك « أنا » أو « ذات » بيولوجية داخلية تميز  
الفرد عن أقرب المقربين اليه فالتطابق الكامل بين « الذوات »  
البيولوجية لا يوجد الا فى حالة نوع نادر من التوائم  
المتماثلة الناشئة عن انقسام بويضة واحدة .

ولعل من أهم مظاهر التميز البيولوجى كما يعرفه  
البيولوجيون منذ زمن غير بعيد عدم تقبل الفرد للخلايا  
أو الأنسجة التى تنتمى لفرد آخر اذا ما وجدت هذه طريقها



لجسمه ، فسرعان ما ستتعرف « الذات » البيولوجية على النسيج أو الخلايا الغريبة فتقوم معركة ضارية يسقط فيها الضحايا من الجانبين وتنتهى فى أغلب الأحيان الى هزيمة الغرباء . . هذا العداء المستأصل ضد الأنسجة الدخيلة كان وما يزال يشكل العقبة الكئود ضد محاولات الجراحين نقل الأنسجة أو الأعضاء من فرد لآخر ، مما أثار الاهتمام بهذه الظاهرة ليس فقط من وجهة نظر المعرفة الخالصة لها كظاهرة بيولوجية ، بل أيضا للاعتبارات العملية المتعلقة بجراحات نقل الأنسجة .

بدأت محاولات نقل الأنسجة من فرد لآخر فى العشرينات من هذا القرن بمحاولة نقل قطع من الجلد من فرد الى آخر وكان الاعتقاد السائد آنذاك أن الأفراد يمكن أن يتبادلوا جلودهم بدون قيد أو شرط ، ولكن سرعان ما اتضح أن « الذات البيولوجية » للأفراد يسوءها هذا التبادل وأنها تثار للدخول فى معركة طاحنة ضد الجلد الغريب تنتهى بالقضاء عليه وسقوطه . وقد لوحظ آنذاك أن المعركة ضد الجلد الغريب لا يحتدم أوارها فور نقله بل تنشب المعركة بعد فترة سلام ظاهرى يبدو فيها أن كل شئ هادىء وأن الجلد المنقول ينعم بمسكنه الجديد .

هذه هى المشكلة العملية التى واجهت العاملين فى جراحات نقل الأنسجة والأعضاء والتى تشير الى وجود ذات بيولوجية شديدة التميز .

أستأذن القارئ بعد هذا التقديم للمشكلة أن نتمهل  
لنعطى لمحة من ملامح المنهج فى المعالجة العلمية الرامية الى  
كشف أسباب فشل عمليات النقل هذه ، ونعده أن نستأنف  
رحلتنا فور وضوح الخيوط المنطقية لمعالجة مثل هذه  
المشكلة والتي تشكل الأسلوب العلمى الذى اتبع بالفعل  
لحلها .

### الحقائق والفروض :

يبدأ التناول العلمى لمثل هذه المشكلة بحصر الحقائق  
المعلومة عن الظاهرة ، ثم يلى ذلك محاولة ربط هذه الحقائق  
بفروض علمية على أساس من العلاقات التى يحتمل منطقيا  
أن تربطها بعضها ببعض . فلنبداً بسرد الحقائق . .  
وسنكتفى فى حالتنا هذه بذكر حقيقتين رئيسيتين كانتا  
معلومتين للعاملين فى العشرينيات :

#### الحقيقة الأولى :

وجود « فترة سلام ظاهرى » قبل احتدام المعركة  
بين الجسم والجلد الغريب .

#### الحقيقة الثانية :

« فترة السلام الظاهرى » هذه تقصر بشكل واضح  
إذا ما نقلت قطعة جلد ثانية من نفس المصدر الأصيل الى  
الشخص نفسه بعد سقوط القطعة الأولى .



تلتزمنا الآن نقطة بدء لتفكيرنا نبني منها سلسلتنا المنطقية ، ونقطة البدء التي تفرض نفسها علينا والتي تشير اليها مشاهداتنا هي احتمال تكون « أجسام مضادة » للجلد الغريب نتيجة وجوده في الجسم المنقول اليه . ويبدو هذا الافتراض معقولا كنقطة بدء نستطيع أن نبني منها احتمالاتنا على شكل سلسلة متفرعة سنسميها بالشجرة الاحتمالية نوضحها في شكل (١) ونلاحظ أننا نبدأ من الافتراض الأساسي الذي نرمز له بالرمز (ج) في الشكل وهو يكون مصدر الاحتمالات المنطقية اللاحقة ويتفرع من (ج) احتمالان ١ ، ٢ ويتفرع من (١) احتمالان ١ - (أ) و ١ - (ب) ومن الثاني يتفرع الاحتمالان ٢ - (أ) و ٢ - (ب) ، وهكذا تمتد شجرتنا وتغزر فروعها كلما ابتعدنا عن نقطة الأصل (ج) ، واذا ما أردنا أن نتسلق هذه الشجرة من نقطة الأصل هذه فاننا نستطيع أن نصل لنهايتها سالكين طريقا من ثمان طرق كما هو واضح من شكل (١) منها مثلا الطريق : ج ← ١ ← (أ) ← ١ - (أ) ← ٢ الذي يعنى « الأجسام المضادة موجودة أصلا في الجلد الغريب ، وهي غير نوعية » أو الطريق ج ← ٢ ← ٢ - (ب) ← ٢ - (ب) وهو بدوره يعنى « الأجسام المضادة تتكون بعد عملية النقل ، في الجسم المنقول له ، وهي نوعية أى أنها مضادة لهذا الجلد بالذات » . وهكذا نستطيع أن نكون ثمانية جمل مركبة باتخاذ طريق معين يبدأ من الأصل ويتفرع نحو أحد نهايات الشجرة . كل جملة من جملنا الثمانية سنسميها فرضا علميا ، يحتمل صوابه كما يحتمل خطؤه وذلك يتوقف



على صواب مكوناته أو خطئها ، وفي حالتنا هذه لا يكون  
 الفرض صحيحا الا اذا كانت على كل المكونات صحيحة ،  
 فيكفى زيف أحد مكونات الفرض ليكون كله زائفا وفي  
 الفرض ج  $\leftarrow 1 \leftarrow 1 \leftarrow (أ) \leftarrow 1 \leftarrow (أ) - 2$   
 يجب أن يكون افتراض وجود الاجسام المضادة صحيحا كما  
 يجب أن تكون هذه الاجسام موجودة أصلا في الجلد الغريب  
 كما يجب أن تكون هذه الأجسام غير نوعية أى أنها تؤدي  
 الى انفصال الجلد المنقول مهما كان مصدره وزيف أى من  
 هذه المقولات الاربع يزيف الفرض كله .

وسنلاحظ أن شجرتنا المنطقية تزداد فروعها كثافة  
 كلما ابتعدنا عن أصلها (ج) ومن حسن حظنا في هذا المثال  
 أن عدد الفروع في كل خطوة محدود وقاصر على فرعين في  
 كل حالة وممكن للقارئ أن يتصور الكثافة التي يمكن أن  
 تصل اليها مثل هذه الشجرة لو تعددت الاحتمالات في كل  
 خطوة من خطوات رحلتنا من الأصل الى القمة . . ولذا فان  
 الخطوة المعقولة التالية هي أن نحاول استبعاد أكثر عدد من  
 الفروض على أساس من المعلومات المؤكدة المعلومة لدينا عن  
 هذا الموضوع ، فلنحاول أن نحقق ذلك في مثالنا هذا ، فقد  
 سبق أن ذكرنا حقيقتين موثوقا بهما وكانتا معروفتين في  
 العشرينيات . . وبالتأمل في الحقيقة الأولى فاننا نستطيع  
 أن نستبعد على الفور احتمال وجود الأجسام المضادة أصلاً  
 قبل عملية النقل لأن ذلك يتناقض مع ظاهرة وجود فترة

السلام الظاهري ، فلو كانت الأجسام المضادة موجودة بالفعل قبل نقل الجلد لنشبت المعركة فور التصاق الجلد الغريب بالجسم ، فهذا الاحتمال اذن يتناقض مع وجود فترة سلام ظاهري . . وهكذا يستبعد نصف شجرتنا بأكمله على أساس هذا التناقض . . فما هي المسالك الاحتمالية المتبقية الممكن استبعادها على أساس التناقض مع الحقيقة الثانية ؟ . . مما لا شك فيه أن قصر فترة السلام الظاهري بعد عملية النقل الثانية يدل على أن الأجسام المضادة التي تكونت أثناء عملية النقل الأولى ما زالت موجودة في الجسم ولذلك فإن فترة السلام تكون قصيرة ، هذا يستبعد الاحتمال بأن هذه الأجسام تتكون في الجلد المنقول ، وهكذا تسقط الفروع من نصف شجرتنا المتبقى وفي الواقع فإنه لم يتبقى لنا الا فرضان اثنان فقط .

### الفرض الأول :

الأجسام المضادة تتكون بعد عملية النقل في الجسم المنقول اليه وهذه الأجسام نوعية ( أى لا تؤثر الا على جلد الشخص الذى أعطى الجلد )

### الفرض الثانى :

الأجسام المضادة تتكون بعد عملية النقل في الجسم المنقول اليه وهذه الأجسام غير نوعية ( أى تؤثر على أى جلد مهما كان مصدره )

## النماذج التجريبية لحسم الفروض •

لم تكن هناك حقائق أكيدة معلومة في العشرينيات يمكن أن تتخذ أساسا لا ستبعاد أى من الاحتمالين السابقين فلا مفر اذن من اللجوء الى التجربة لحسم الموقف •• ومن الواضح أن تجربة مبنية على أساس « نموذج تجريبي » بسيط أمر مرغوب فيه ويسهل مهمتنا •• هذا ما حدث بالفعل على يد اميل هولمان عام ١٩٢٣ عندما كان يعمل طبيبا مقيما بقسم الجراحة في مستشفى برجهام ببوسطن وواجهته مشكلة علاج طفل مصاب بحروق في وجهه وجسده أدت الى أن تتعري مساحات واسعة من جسمه ، وكانت تجربته بسيطة تماما اذ أنه قام بنقل تسع قطع جلدية صغيرة من متطوع (أ) لبعض المساحات العارية في جسم الطفل وفي نفس الوقت نقل اثنتى عشرة قطعة من جلد متطوع ثان (ب) لتغطية مساحات أخرى ، وبدا أن كل شيء يسير على ما يرام وأن القطع الجلدية المنقولة من المتطوعين (أ) و (ب) تستمرى العيش في وسطها الجديد وتزود الطفل المصاب بالدفء والوقاية ، وبعد ثمانية عشر يوما نقل هولمان تسع قطع من جلد متطوع ثالث (ج) الى مناطق عارية أخرى من جسم الطفل ، وبعد أربعة أيام قام بنقل مجموعة ثانية من جلد المتطوع الثانى (ب) الى نفس الطفل •

هذا هو النموذج التجريبي البسيط الذى استخدمه هولمان ، فعملية نقل أى من القطع الجلدية تمثل « محاولة

تجريبية « ليس لها سوى أحد مآلين أما « الفشل » أو « النجاح » مما يسهل عملية رصد النتائج وتحليلها . وفى حالة الفشل فهناك احتمالان : أولهما سقوط الجلد بعد فترة السلام الظاهرى والثانى سقوط الجلد بدون هذه الفترة ، ويمثل ذلك فى شكل (٢) على صورة شجيرة احتمالية تنظم أفكارنا بحصر النتائج المحتملة لتجربتنا مما يسهل استدلالنا على مغزى الاحتمالات المنطقية فى ضوء الفرضين العلميين المتبقين لنا . وقد حصل هولمان على النتائج التالية :

١ - عملية النقل من المتطوع الأول : فشل بعد فترة سلام .

٢ - عملية النقل الأولى من المتطوع الثانى : فشل بعد فترة سلام مساوية تماما للفترة فى الحالة الأولى .

٣ - عملية النقل الثانية من المتطوع الثانى : سقطت الرقع جميعا مع سقوط المجموعة الأولى من نفس المتطوع وبدون فترة السلام بالرغم من أن العمليتين بينهما فترة ثمانية عشر يوما .

٤ - عملية النقل من المتطوع الثالث : فشل بعد فترة سلام مساوية للمجموعتين (١) ، (٢) .

وان هذه النتائج تدعم استنتاجنا الأصيل بأن الأجسام المضادة تتكون فى الجسم المنقول اليه بدليل سقوط المجموعة

## نقل الرقعة الجملية

تخرج  
← لا يفتل  
← بدون فترة  
← ثم انظري

شكل (٢) نتيجة الصحاح جرية  
نقل رية جلية من سطح الى سطح



الثانية من قطع جلد المتطوع الثانى مع المجموعة الأولى ،  
بالرغم من عدم مرور وقت كاف على نقل المجموعة الثانية ،  
كما أن هذه النتائج أيضا ترجح أن هذه الأجسام نوعية  
أى أن كلا منها يختص بإبادة الجلد المستمد من مصدر واحد  
فقط . وهناك دليلان فى تجربة هولمان على هذا : أولهما أن  
جلد المتطوع الثالث لم يسقط مع جلد المتطوعين الآخرين  
يل سقط بعد فترة السلام المعتادة اللازمة لتكوين هذه  
الأجسام ، كما أن سقوط المجموعة الثانية من جلد المتطوع  
الثانى مع المجموعة الأولى دليل آخر على نوعية هذه الأجسام .

لا يسع المرء إلا أن يعبر عن إعجابه الشديد بتجربة  
هولمان هذه فهى تتسم بالرشاقة والبساطة مع الفاعلية . .  
إن الأمر لم يستغرق سوى أسابيع قليلة لحسم الفروض  
ولا يجاد التفسير العلمى لظاهرة سقوط الجلد المنقول من  
أفرد الى آخر على أساس تكون أجسام مضادة فى الجسم  
المنقول اليه وأن هذه الأجسام نوعية ضد الجلد المستمد من  
مصدر واحد .

### الأجسام المثيرة والأجسام المضادة وجهاز المناعة

ويجب أن نتسائل الآن : ما الذى يثير الجسم لتكوين  
هذه الأجسام المضادة ؟ دعنا نفترض مرة أخرى أن بالجلد  
الغريب عوامل سنسميها « بالأجسام المثيرة » تتعرف عليها  
الذات البيولوجية للجسم المنقول اليه فتكون أجساما مضادة

لها ، هذا الافتراض يماثل ما عرف فيما بعد عن قدره الجسم على مقاومة الجراثيم الضارة ، فان استمرار حياتنا يتوقف على تعرف ذواتنا البيولوجية على هذه الجراثيم عندما تغزو أجسامنا فتكون أجساما مضادة لها ، سرعان ما تتحد معها فترسبها أو تضعف من نشاطها ، وفي حالة الجراثيم هذه فإننا نعلم أن بعض مكونات جسمها يلعب دور «المثير» الذى يستفز ذواتنا لتكوين أجسام مضادة نوعية ضد كل نوع من أنواع الاجسام المثيرة يؤثر عليها دون ما عداها . . . أما فى حالة نقل الأنسجة فان وجود الأجسام « المثيرة » فى النسيج المنقول ان هو الا وجود افتراض أملتة علينا ضرورة ملء الثغرات فى نسيجنا المنطقى فما دام افتراض تكون أجسام مضادة أمرا لازما كنقطة بدء ، فلا مفر من التسليم المؤقت بافتراض وجود ما يثير تكوينها فى النسيج المنقول واليوم وقد مر أكثر من أربعين عاما على تجارب هولمان فان مثل هذه الأجسام لم تفصل بعد فى حالة نقية أو شبه نقية ، وما زال وجودها لايتعدى كونه فرضا لايتناقض مع أى من النتائج التجريبية التى حصل عليها المجربون بالفعل أثناء تجارب تتضمن نتائجها المحتملة ، احتمالات تتناقض مع هذا الفرض . .

والوجود الافتراضى لهذه الأجسام المثيرة وما يقابلها من الأجسام المضادة النوعية ، قد أثرى العلوم البيولوجية بمجموعة ضخمة من النتائج والمفاهيم العلمية ، وليس هذا الموقف فريدا فى نوعه فميدان العلوم مليء بنقط الوثوب

الافتراضية هذه وكل ما يتطلبه التفكير العلمي منها هو  
« سلامتها » كما أسلفنا ، وأن نذكر خلال رحلتنا الطويلة  
أننا بدأنا بقولنا « لو سلمنا بوجود الأجسام المثيرة فانه من  
المحتمل أن ... »

### بروتين ضد بروتين :

أما عن الأجسام المضادة نفسها فاننا نعلم الكثير  
عنها ، فنعلم أنها مركبات معقدة التركيب جزيئاتها ضخمة  
نسبيا وأنها تتكون في خلايا صغيرة الحجم تسمى بالخلايا  
اللمفاوية ، موجودة في الدم والطحال والعقد اللمفاوية  
واللوزتين والنخاع العظمي وغيرها من الأنسجة . . هذه  
الخلايا ومثيلاتها تكون جهازا مناعيا واسع الانتشار يتميز  
بالقدرة الفائقة على الحركة والتفاعل ولا يكاد يخلو مكان  
ما من جسدنا منه ولا غرو في ذلك فوجودها حيوى للدفاع  
ضد الغرباء والدخلاء .

وتسمى ظاهرة تكون الأجسام المضادة ضد الأجسام  
المثيرة بظاهرة « المناعة » وهى كما أسلفنا عملية نوعية  
بمعنى أن كل جسم مضاد متخصص فى الالتحام مع جسم  
مثير واحد أينما يتم لقاؤهما وله القدرة على التعرف عليه  
أينما وجد . . ومعظم الاجسام المثيرة تنتمى الى فصيلة  
المركبات البروتينية كما أن الاجسام المضادة تنتمى كذلك  
الى نفس الفصيلة .

وافترض وجسود المثيرات البروتينية فى الأنسجة  
وتكون الأجسام المضادة لها يواجه عددا من الأسئلة هى فى  
حد ذاتها بمثابة اختبارات لصحة الفروض العلمية ...  
ونذكر من هذه الأسئلة ثلاثا :

١ - كيف يميز جهاز المناعة البروتينات التى تنتمى  
الى الجسم نفسه فلا تتكون أجسام مضادة لها فتقوم بدخل  
أجسامنا ما يشبه الحرب الاهلية ؟

٢ - هل من سبيل لأن نهديء من حدة طباع الذات  
البيولوجية بحيث نجعلها تتقبل وجود الغرباء ؟

٣ - كيف نفسر ما تتمتع به الذات البيولوجية من  
« ذاكرة » فريدة بحيث تظل صورة المثير الغريب الذى  
سبق أن تعرضت له ماثلة فى مخيلتها ويتم التعرف عليه  
لدى ظهوره مرة أخرى ولو كان بين اللقاءين أيام أو شهور  
أو سنون طويلة ؟

لم يتناول العلم هذه المسائل بشكل جدى حتى عام  
١٩٤٠ عندما تقدم العالم الأسترالى ماكفرلين بيرنيت بفرض  
علمى نشره فى المجلة الأسترالية للعلوم وقد بنى بيرنيت  
فرضه على أسس منطقية خالصة فى محاولة للإجابة عن  
الأسئلة الثلاث ولذا فإن هذا الفرض يذكر فى الكتابات  
العلمية اليوم باعتباره نبوءة علمية، إذ أن التحقيق التجريبي  
لنبوءة بيرنيت لم يتم الا بعد ثلاثة عشر عاما .

## فكرة « الفروع » لما كفرلين بيرنيت

سنحاول أن نعرض أفكار بيرنيت وفروضه مع بيان مفصل بعض الشيء للتشريح المنطقي لهذه الفروض . ان الفكرة التي يقدمها بيرنيت تعرف اليوم « بنظرية الفروع » وهي تقرر أن الجنين قبل ولادته يحتوى جسمه على الملايين من الخلايا الحية يمكن تتبع كل منها الى أصل معين نشأت منه وتفرعت عنه ، فلكل خلية أشقاء وأولاد عمومة كما أن لها آباء وأعماما واجدادا . . الخ . وهي بذلك تكون مجموعات كل مجموعة تتفرع من أصل واحد ، فإذا ما تعرضت هذه الخلايا داخل الجنين الى « بروتين » مثير وكانت لهذه الخلايا قدرة على التعرف عليه والتناقص معه فإن معركة تنشأ وعراكا يحدث ، ولكن الصغار لا يحتملون أوار المعركة فيموت الأفراد المنتمون الى الفرع كله فتختفى من الميدان كل خلية مشاغبة قادرة على التعرف على المثير ولا يبقى في الميدان الا من لا يضرهم وجوده ومن يقبلون التعايش معه .

ويبدو أن هذه الخطوة لازمة قبل أن يولد الجنين ويخرج الى الحياة ، لتصفية مسببات النزاع الداخلي وتوحيد الجبهة الداخلية ليتفرغ الكائن بعد ولادته لمواجهة الغرباء القادمين من الخارج بعد أن تختفى من ذاته كل الخلايا المسببة للمعارك الداخلية . . . . وفى هذه الأثناء يتم للخلايا نضوجها ويشتد عودها بحيث اذا ما تعرضت لمثير لم يسبق لها التعرض له وكانت لها القدرة على التعرف عليه ، فان



الصراع الناشئ لا ينتهى بفناء الخلايا مع فرعها بل يؤدي الى تكوين الأجسام المضادة ، وقد أطلق بيرنيت اسم «الفترة الحرجة» على الفترة التى يتم فيها هذا النضوج وتكتسب القدرة على تكوين الأجسام المضادة فهى تحدد الانتقال من مرحلة «الحرب الاهلية» الى مرحلة الوحدة ضد الغرباء . . وتنتهى بتصفية الفروع القادرة على التناقص مع الفروع الأخرى فى نفس الفرد والقتال معها ولا يتبقى سوى الخلايا القادرة على القتال مع الغرباء . . وهذا يفسر النجاح فى نقل نسيج من شخص الى نفسه فعمليات النقل هذه مضمون نجاحها تماما مثل أن ننقل قطعة جلد من مكان الى آخر فى نفس الشخص بدون الخوف من اثاره المتاعب التى يسببها جهاز المناعة . .

هذه هى فكرة الفروع الشهيقة التى تجيب على سؤالنا الاول ويجب أن نذكر أنها فى جوهرها مجرد فرض ، فهل هو فرض سليم ؟ يتوقف ذلك حسب ما أسلفنا على امكانية ايجاد محاولة تجريبية يكون أحد نتائجها المحتملة منطقيا متناقضا مع الفرض . . فهل فى الامكان التفكير فى مثل هذه التجربة فى حالة فرض بيرنيت ؟

دعنا نتصور التجربة التالية : فلنحقن جنينا وهو فى رجم أمه بخلايا غريبة وذلك قبل المرحلة الحرجة ولتكن هذه الخلايا من النوع القادر على أن يثير جهاز المناعة لو أنها حقنت بعد ولادة الجنين فتتكون أجسام مضادة لها ،

ولندع الجنين يكتمل نموه ويولد ويجتاز المرحلة الحرجة ولنتصور كذلك أننا حققناه فى هذه المرحلة مرة أخرى بنفس الخلايا الغريبة السابق حقنه بها وهو جنين ٠٠ ما هى النتائج المتوقعة منطقيا لمثل هذه المحاولة ؟ ليس من العسير أن نقرر أنه لا يوجد سوى احتمالين : فاما أن يتقبل الجسم الخلايا الغريبة بدون صراع واما أن لا يتقبلها شأنه فى ذلك شأن كل أفراد جنسه ممن لم يسبق لهم التعرض لمثل هذه الخلايا أثناء حياتهم الجنينية ٠٠

من الواضح أن الاحتمال الاول يتفق مع فرض بيرنيت والاحتمال الثانى يتناقض معه ووجود الاحتمالين كنتائج متوقعة للتجربة يضيفى « السلامة العلمية » على الفرض ٠٠ فلنر كيف يتفق هذان الاحتمالان أو يتناقضان مع فكرة الفروع ٠٠ نتوقع حسب هذه الفكرة أن الخلايا القادرة على التفاعل مع الخلايا الغريبة التى حقنا الجنين بها ستفنى هى وفروعها أثناء الصراع بحيث لا يتبقى فى الميدان سوى الخلايا التى لا يضرها وجود الغرباء أو لا تعيرهم التفاتا ٠٠ فحقن هذا الجنين بنفس الخلايا مرة أخرى بعد اكتمال نموجه لا يتبعه أى حدث مناعى لانعدام وجود الخلايا القادرة على التعرف عليها وتكوين أجسام مضادة لها ٠٠

ان قوة فرض بيرنيت لا تكمن فقط فيما يقدمه لمن أفكار بل فيما يحتويه من احتمالات منطقية كامنة وقادرة على الايحاء بأنماط تجريبية ملهمة وقادرة على تقديم التنبؤات

الدقيقة عما قد تسفر عنه التجارب . . فهل قام فرض  
بيرنيت بهذا الدور الملهم بالفعل ؟ لم يقم المجربون باختبار  
هذا الفرض تجريبيا الا عام ١٩٥٣ حينما نشر مدوار  
وزملاؤه تقريرهم الشهير وقد استخدموا فى تجاربهم أنشئ  
جرذ حاملا من فصيلة معينة بأن قاموا بحقن الاجنة المستقرة  
داخل رحمها بخلايا مستمدة من فصيلة غريبة . . وبعد  
أربعة أيام من عملية الحقن هذه ولدت جرذانا خمسة صفارا  
وما ان تجاوزت الجرذان الاسبوع الثامن من عمرها حتى  
قاموا بنقل قطعة جلد صغيرة الى ظهر كل منها ، هذه  
القطعة أخذت من نفس الفصيلة التى حقنت بخلاياها وهى  
أجنة داخل أرحام أمها ، ومن المعلوم أنه فى الظروف العادية  
تسقط هذه الرقعة الجلدية حتما بعد فترة سلام ظاهرى  
كما أسلفنا ، ولكن فى حالتنا هذه فان الرقع الجلدية ظلت  
مكانها ناعمة هادئة البال فوق ظهور الجرذان الخمسة . .  
ان هذه النتيجة تتنبأ بها فكرة بيرنيت وتتوقعها ،  
كما أن هذه التجربة تتضمن الاجابة عن تساؤلنا الثانى  
بشأن امكانية خلق حالة تحمل بطرق صناعية ينتج عنها  
أن تتحمل الذات البيولوجية وجود الانسجة الغريبة . .  
اذ تدل هذه التجربة على أنه من الممكن خداع الجهاز المناعى  
بتعريضه للانسجة الغريبة قبل اكتمال نضوجه أى قبل  
فترة بيرنيت الحرجة . .

وقد تمكن الأستاذ وودراف فى لندن من اجراء تجربة  
مشابهة ولكن على آدميين ، اذ حصل على موافقة من عدد من

الآباء على أن يحقق ابن كل منهم بكميات ضئيلة من خلايا الدم البيضاء المأخوذة من والد الطفل نفسه وذلك بمجرد ولادته . . . وعندما تجاوز هؤلاء الأطفال الشهر السادس من أعمارهم نقل وودراف قطعة صغيرة من جلد كل من الآباء إلى ابنه . . . وجاءت النتيجة تماما كما تنبأ بها فكرة بيرنيت . . . حياة سعيدة طويلة لجلود الآباء على أجساد الأبناء . . . وبذا أثبت وودراف أن ما بينه مدوار في حالة الجرذان صحيح أيضا لدى الإنسان . . .

ونستأذن القارئ في الاسترسال في إبراز القوى الإبداعية الكامنة في فرض بيرنيت وقدرته على التنبؤ ببعض المواقف البيولوجية الخاصة فنذكر مثالا آخر لذلك . . . فمن المعلوم أن التوائم نوعان : في النوع الأول ينشأ التوأمين من نفس البويضة فلذا ينطبقان تماما في صفاتهما الظاهرة منها والباطنة ، أما النوع الثاني فينشأ التوأمين من بويضتين ولذا فهما يختلفان في كافة الصفات وإن كانا ينشآن ويعيشان معيشة مشتركة في رحم أمهما ، هذه المعيشة تسمح بنوع من التبادل بين خلايا كل منهما من خلال اختلاط دورتهما الدموية ويتم هذا التبادل أثناء المرحلة الجنينية ، أي قبل الفترة الحرجة ، ولذا فإن مثل هذه التوائم تكون نماذج تجريبية هامة تسمح باختبار فرض بيرنيت ، وهذا ما تناوله الطبيب البيطري آوين لدى دراسته لتوائم الماشية فمن المعلوم أن ولادة التوائم أمر نادر الحدوث في الماشية وأندر منه ولادة التوائم المتماثلة ومن المعلوم

كذلك أن الفرد يولد منتميا لفصيلة واحدة من فصائل الدم  
تميزه ، وذلك ينشأ نتيجة لوجود بروتين مميز في خلايا  
الدم الحمراء ، كما يحتوى سائل الدم المعروف بالمصل على  
أجسام مضادة لهذه البروتينات ولكل فصيلة معينة الجسم  
المضاد النوعي الخاص بها وعند تلاقيهما فان اتحادا يتم  
ينتج عنه ترسيب الخلايا ثم تكسرها ، فمن الواضح اذن  
أن الفرد الواحد لا يستطيع أن يحتوى دمه على البروتين  
المميز لفصيلة معينة مع الجسم المضاد له في آن واحد فقد  
تحتوى خلايا كل منا على البروتين المميز لفصيلة ما كما قد  
يحتوى المصل على الجسم المضاد لما عدا ذلك من فصائل ،  
ومن الواضح كذلك أنه ليس من الممكن أن تحتوى الخلايا  
على مميزات فصيلتين في نفس الوقت ، فما هو الوضع في  
حالة التوائم غير المتشابهة ؟ ان فكرة بيرنيت لا تستبعد  
احتمال انتماء خلايا دم كل من التوأمين الى فصيلتين  
مختلفتين ، وذلك لأن امتزاج دمهما أثناء حياتهما داخل رحم  
الأم يؤدي الى اختفاء الفروع القادرة على تكوين أجسام  
مضادة ضد الفصيلة الاخرى عند نضوجها المناعى ، هذا  
الامتزاج يتم قبل الفترة الحرجة ، أى فى المرحلة التى يؤدي  
فيها التناقض الى اختفاء فروع الخلايا وليس الى تكوين  
أجسام مضادة . وهذا بالفعل ما شاهدته آوين فى توائم  
البقر اذ بين بوضوح أن خلايا أى من التوأمين يمكن أن  
تنتمى الى فصيلتين مختلفتين وبالرغم من ذلك فالخلايا  
المختلفة تعيش معا فى وئام وسلام . .



ولا تقتصر هذه الظاهرة على البقر ففى أحد معامل نقل الدم فى شيفيلد وجدت إحدى المساعدات صعوبة كبيرة فى اختبار وتعيين فصيلة دم أحد المتطوعين اذ بدا لها أن دم المتطوع ينتمى الى فصيلتين فى نفس الوقت ، الامر الذى لم تشهد له مثيلا من قبل بالرغم من اختبارها لدماء مئات المتطوعين ، وقدمت تقريرا بهذا الى رئيسها الدكتور واتر فورد ، الذى تأكد بنفسه من صحة ملاحظة مساعدته ، وطلب المتطوع وواجهه واتر فورد على الفور بالسؤال عما اذا كان له شقيق توأم ، وكانت اجابة المتطوع بالاجاب . ولم يكن الأمر سوى مثل آخر آدمى لما شاهده آوين فى البقر وقد تتابع بعد هذا اكتشاف التوائم التى تنتمى خلايا الدم فى كل منها الى أكثر من فصيلة فى نفس الوقت . . . تماما كما تنبأ به فكرة « الفروع » .

### مزيد من التنبؤات :

اننا اليوم نعلم الكثير عن جهاز المناعة وهو الجهاز الذى وكلت اليه ذاتنا البيولوجية مهمة التعرف على ما يدخل أجسامنا من مركبات سواء عن طريق الطعام أو الهواء أو عن طريق آخر ، هذا الجهاز له القدرة على التمييز بين الاعداء والأصدقاء ، أما الأصدقاء فيمرون بسلام ، وأما الاعداء فتحشد لهم الاجسام المضادة كما ذكرنا . ونعلم اليوم أن جهاز المناعة هذا هو ما يعرف بالنسيج اللمفاوى ووحدته

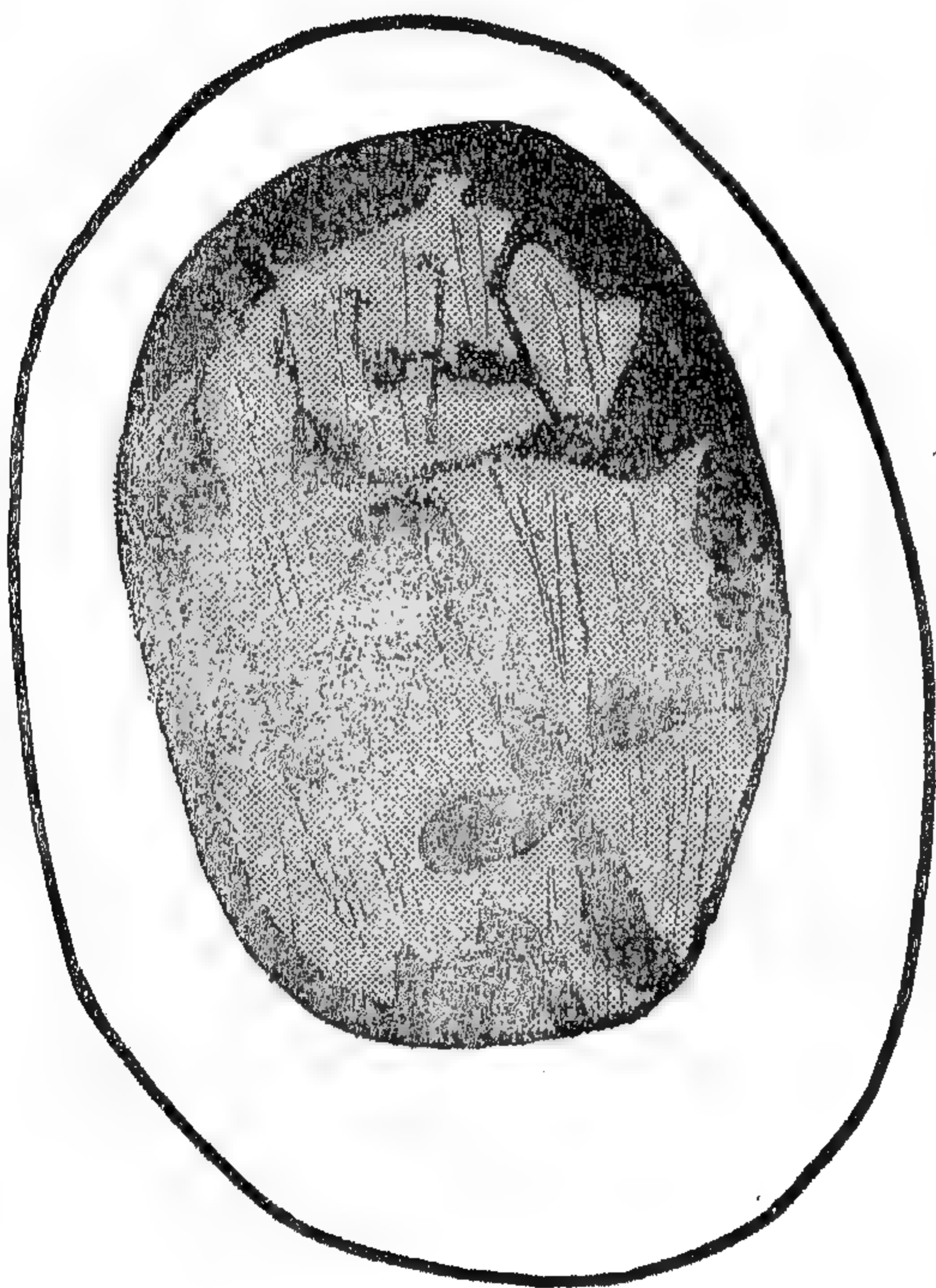
هى الخلية التى تعرف باسم الخلية اللمفية الصغيرة .  
(شكل ٣) .

والسؤال الآن . . هل توجد فى أجسامنا أنسجة وخلايا نشأت فى عزلة عن جهاز المناعة ولم يتم اللقاء بينهما قبل الفترة الحرجة ؟ وان وجد ذلك فماذا يحدث لو تم اللقاء بعد الفترة الحرجة ؟

ان نظرية « الفروع » تتنبأ بكل سهولة بما عساه يحدث لو أن مثل هذا الامر قد تم بالفعل . . فلا بد من أن تعامل الذات البيولوجية مثل هذه الانسجة « الانعزالية » معاملة الغرباء فتكون الاجسام المضادة ضدها أى أن الجسم تنتابه الغفلة فيكون الاجسام ضد من ينتمون اليه . . وفرض بيرنيت اذن يسمح بوجود «مناعة ذاتية» أى بإمكان حدوث حرب أهلية محدودة النطاق .

ونعود لسؤالنا : هل يمكن أن يحدث هذا فى الواقع البيولوجى ؟

نعم هذا ما يحدث فى بعض الاحيان فمن المعلوم أن بعض الأعضاء والأنسجة تنعزل فى مرحلة مبكرة من نموها فى مرحلة الجنين فتخلو من وكلاء الجهاز اللمفاوى وعملائه، وتستمر هذه العزلة والتعالى بعد الولادة . . وتقوم مثل هذه الانسجة بنشاطها دون أن تدرك بها أجهزة المناعة . . وقد يحدث حادث ما يفتح ثغرة فى جدار هذه العزلة فتتسرب بعض الخلايا أو مكوناتها الى الدورة الدموية أو تتسرب



الخلايا اللمفاوية الى هذه الانسجة والاعضاء وليس من العسير أن نتنبأ بما قد يحدث عند حدوث هذا اللقاء المتأخر . . فالأوامر لدى الخلايا اللمفاوية صريحة وحازمة . هؤلاء غرباء تماما عليها فلم يسبق لهما التعارف أو اللفة . . فيتم الالتحام وتتكون الاجسام المضادة . . هذا ما قد يحدث في أجهزتنا العصبية بما فيها المخ ، أو في الغدة الدرقية التي تقع في الرقبة وتفرز هرمونات لازمة لتنظيم نشاطنا الجسدي ، أو في الخصية أو عدسة العين ، كلها أنسجة تخلو من الخلايا اللمفاوية ومعزولة عنها منذ حياتها الجنينية . . ان الحادث الذي قد يحدث فيكسر الحائط العازل قد يكون اصابة أو التهابا . . أو ما شابه ذلك . .

فتحدث المأساة فيحطم الجسم أعضائه ويتسبب عن ذلك أمراض ظل أمرها غامضا حقبة طويلة . وكان الطب يقف حائرا في تفسير ما يجري وكانت هذه الامراض تصنف تحت اسم «الامراض غير المعلومة المسببات» . . الى أن أعيد النظر في أواخر الخمسينيات وفي الستينيات في أمر هذه الامراض على ضوء فكرة الفروع فبدأ الامر قابلا للتفسير والفهم وهي تعرف اليوم باسم أمراض «المناعة الذاتية» . . نجاح آخر لنبوءة علمية . .

ألا يستحق بيرنيت مقدم هذه النظرية اذن أن يمنح جائزة نوبل عام ١٩٦٠ مشاركة مع مدوار الذي قام بالتحقيق التجريبي لأفكاره ؟ . .

## تطور جهاز المناعة فى الفرد :

بدأ الاهتمام بتطور جهاز المناعة منذ عام ١٩٦١ اثر أن نشر مولر نتائج تجاربه التى أدت الى اماطة اللثام عن وظيفة من وظائف غدة الثايموس التى تقع داخل الصدر وأمام القلب ، وقد كان وجود هذه الغدة يشكل لغزا علميا محيرا لقلة ما هو معلوم عن وظائفها بالرغم مما تشغله من حيز كبير نسبيا فى الاطفال اثر ولادتهم الا أنها تأخذ فى الضمور بتقدم العمر .

وقد لاحظ مولر أن استئصال هذه الغدة فى الجرذان فور ولادتها يؤدى الى تغيرات فى ظواهر المناعة لدى هذه الجرذان فمن الممكن مثلا لمثل هذه الجرذان أن تتقبل نقل الرقع الجلدية الغريبة كما أن قدرتها على تكوين الاجسام المضادة ضد الجراثيم تقل بشكل ملحوظ ، كل هذا يصاحبه اختفاء الخلايا اللمفاوية من الدم والانسجة . . وقد لاحظ مولر فضلا عن هذا أنه لو تأخر استئصال الثيموس عدة أسابيع بعد الولادة فان مظاهر اختلال جهاز المناعة هذه لا تظهر فترفض أجسام الجرذان مثلا الجلد الغريب المنقول اليها ، وتحتفظ بقدرتها على تكوين الاجسام المضادة وتنمو الانسجة والخلايا اللمفاوية نموا عاديا .

يبدو اذن أن نشاط ونمو جهاز المناعة عقب الولادة يعتمدان على وجود غدة الثيموس ويبدو كذلك ان هذا الجهاز سرعان ما يكتسب استقلاله فيصبح وجوده ونشاطه غير معتمدين على الثايموس . .



ونترك للقارئ متعة التفكير في وضع الفروض العلمية لتفسير دور الثايموس ، هذا وما زال مجال العمل العلمى فى هذه المنطقة مفتوحا ، فمن الجائز أن نفكر فى وجود أجسام منشطة للجهاز اللفاوى يفرزها الثايموس ، كما يمكن أن نفترض أن الثايموس يقوم بدور «مخزن البذور» وأن هذا المخزن تنبعث منه البذور الصالحة التى تستقر فى أماكن متفرقة لتعطى ثمارها من أنسجة وخلايا لفاوية، ثم سرعان ما يفرغ هذا المخزن أو يكاد وتتكون فى الجسم مخازن فرعية تنمى مواردها الذاتية وتكون الاحتياطى اللازم لأجهزة المناعة . هذان فرضان لم يخسما بعد ، كما أنه من الممكن أن يتصور الانسان فروضا أخرى ، كما انه من الممكن كذلك أن نفكر فى تصميم التجارب المناسبة لدحض هذه الفروض وإثباتها ، وهذه المهمة نتركها للقارئ ..

## الفصل الثالث

# الأساس الجزئى للذات البيولوجية

### ١- بناء جزئى البروتين

استعرضنا فى الفصل السابق مظاهر وجود «الذات» البيولوجية التى يتميز بها العالم الداخلى لكل منا ، والتى تمثل أحد الخطوط الدفاعية الاستاسية ضد العناصر المعادية الغريبة التى يمتلئ بها العالم الخارجى . وكان تناولنا فى هذا الفصل تناولا عاما لعمليات بيولوجية برمتها ، وقد أثرنا أن نتتبع الخطوات التى سار فيها البحث العلمى حسب الترتيب الزمنى لحدوثها مع اهتمامنا بإبراز معالم التشريح المنطقى الذى يكون نسيج عملية الكشف العلمى . وفى هذا الفصل سنقوم بتقديم أفكار أكثر تحديدا متبعين نفس الأسلوب وستواجهنا بعض المصاعب فرحلتنا تبدأ من الخمسينات من هذا القرن وتشمل فترة تتميز باستخدام التكنولوجيا العملية على أوسع نطاق ، والمشتغلون

بالعلوم فى هذه الفترة مولعون بالتفاصيل المضمّنة والحديث العلمى الملىء بالاصطلاحات المتحدّقة . ولكن هذه الفترة أَيْضاً هى الفترة التى اقترَب فيها العلم من قلب الذات البيولوجية النابض والتى خاض فيها وراء شفرة الحياة .

لا بد اذن من أن يشمل تناولنا أشياء قد لا يكون لبعضنا بها ألفة . ولكن هذه الصعوبة فى تقديم المادة العلمية تقابلها من الناحية الأخرى سهولة ويسر فى تتبع معالم المنهج ، فهذه مهمة قام بها عنا الباحثون فى كتاباتهم فذكروها صراحة فى مقالاتهم وكتبهم ، على حين أننا اضطررنا أن نفحص غوصاً فى بحثنا عن معالم المنهج أثناء تناولنا للمادة العلمية التى احتواها الفصل السابق .

فلنبداً رحلتنا باستعراض قصير لما يلزمنا من معلومات أساسية ومعظمها يتعلق بمركبات عضوية ضخمة الجزيئات تعرف باسم الجزيئات العملاقة أهمها البروتين والاحماض النووية .

### المزيد عن البروتين

ان وجود الذات البيولوجية مرتبط أوثق الارتباط بالمركبات العضوية التى أسميناها بالبروتينات فى الفصلين السابقين . فنحن نعلم أن الغالبية العظمى من المواد المثيرة تنتمى الى هذه الفصيلة من المركبات كما أن كل الاجسام المضادة بلا استثناء ان هى الا مواد بروتينية . وكذلك

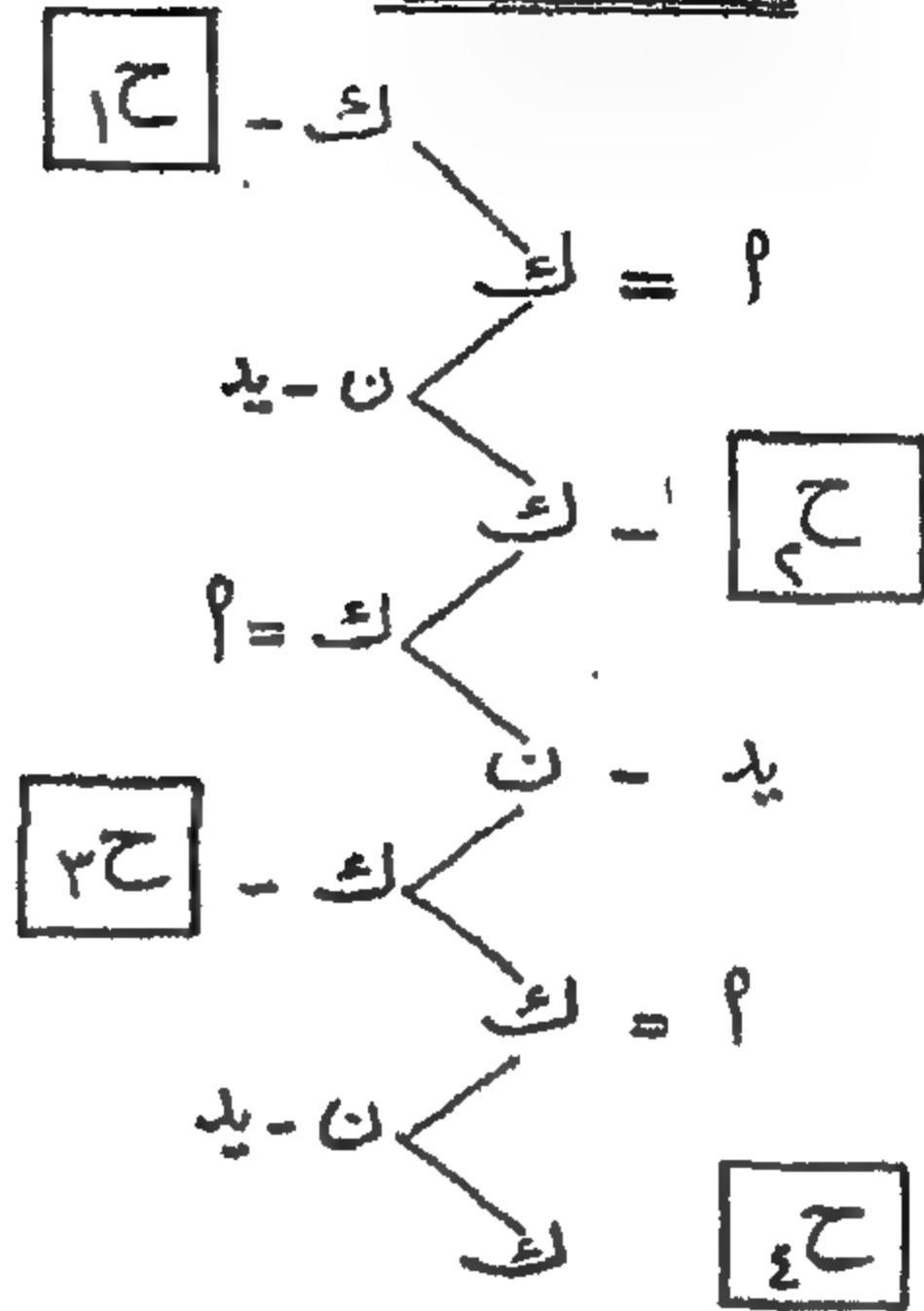
الخمائر ( الأنزيمات ) تنتمي الى نفس الفصيلة ، وهي  
عوامل وظيفية تعجل من سرعة التفاعلات الكيميائية  
الاصاحية فصلا عن أن بعض الهورمونات ان هي في حقيقة  
الامر الا أمثلة من هذه المركبات الهامة ولعل من أشهرها  
الأنسيولين اللازم لتمثيل السكر في أجسامنا .

وأنسجة كل منا تصنع آلاف الانواع من جزيئات  
البروتين بعضها يميزنا كجنس بشري . فالأنسيولين  
الانساني مثلا يختلف في التركيب عن مثيله الموجود في  
الحيوانات وان تماثلا في الوظيفة ، والبعض الآخر من  
جزيئات البروتين يميزنا كأفراد بعضنا عن البعض ولعل من  
أهمها الاجسام المثيرة السابق الاشارة اليها .

وبناء البروتينات اذن يمثل ظاهرة من أهم الظواهر  
البيولوجية وأكثرها تعقيدا ، كما أنها أكثرها ارتباطا  
بالاساس العضوي للذات البيولوجية . وجزء أى من  
البروتينات ان هو الا سلسلة طويلة تشبه العقد تتتابع  
خلالها الحبات الواحدة تلو الاخرى في نظام ثابت ؟ وتعرف  
هذه الحبات بالاحماض الامينية وهي عشرون نوعا وسنرمز  
لها بالرموز ح ١ ، ح ٢ ، الى ح ٢٠ .

والكيميائيون يعرفون خصائص هذه المركبات وطبائعها  
معرفة تفصيلية . وفي شكل (٤) نرى رسما يوضح تتابع  
الاحماض الامينية التي تصلها الواحدة بالآخرى وصلات هي  
الاقسام من السلسلة المبينة في الشكل الواقعة بين ح ١ ، ح ٢

## جزء البروتين



ك = كربون  
 پ = أوكسيجين  
 يد = أيدروجين  
 ن = نيتروجين  
 ح١، ح٢، ح٣، ح٤ ..... أحماض أمينية

شكل (٤)

التركيب الأساسي لجزء البروتين ، حيث الأحماض  
الامينية الواحدة تلو الأخرى وتصلها بعضها  
ببعض وصلات تتكون من كربون وأكسجين وأيدروجين

وبين ح ٢ ، ح ٣ وهكذا . وتعرف هذه الوصلات بالوصلات الببتيدية :

وقد يحتوى جزئ البروتين الواحد على عدد محدود من هذه الوحدات العشرين أو قد يحتوى عليها كلها ، ولكن الذى يعطى البروتين مميزاته وخصائصه ويحدد ذاتيته هو النمط الذى تتتابع فيه الوحدات ح ١ ، ح ٢ ، ... الخ فالبروتين الذى تتابعه ح ١ ، ح ٢ ، ح ٣ ، ح ٤ ، ... يختلف تماما عن الذى تتابعه ح ١ ، ح ٢ ، ح ٣ ، ح ٤ أو ح ١ ، ح ٥ ، ح ٢ ، ح ٣ ، ... فنظام تتابع الاحماض الامينية نظام صارم كل الصرامة فقد يسبب اختلاف واحد فى موضع معين من التتابع تغيرا جوهريا فى جزئ البروتين يفقده ذاتيته ويكسبه خصائص مغايرة للجزئ الاصلى .

ان اكتشاف تتابع الاحماض الامينية فى جزيئات البروتينات المختلفة يكون فصلا رائعا من فصول العلوم الكيميائية والحيوية ويكفى أن نذكر أن اكتشاف التتابع المميز للانسولين استحق صاحبه سانجر جائزة نوبل عام ١٩٥٨ وأن كمدرو وبيريوتز نالا نفس الجائزة عام ١٩٦٢ لوصفهما لتركيب البروتين المميز للعضلات .

### الاحماض النووية :

الاحماض النووية جزيئات عملاقة تكون ما يشبه الخيوط الرفيعة الطويلة وهى نوعان : النوع الاول يوجد

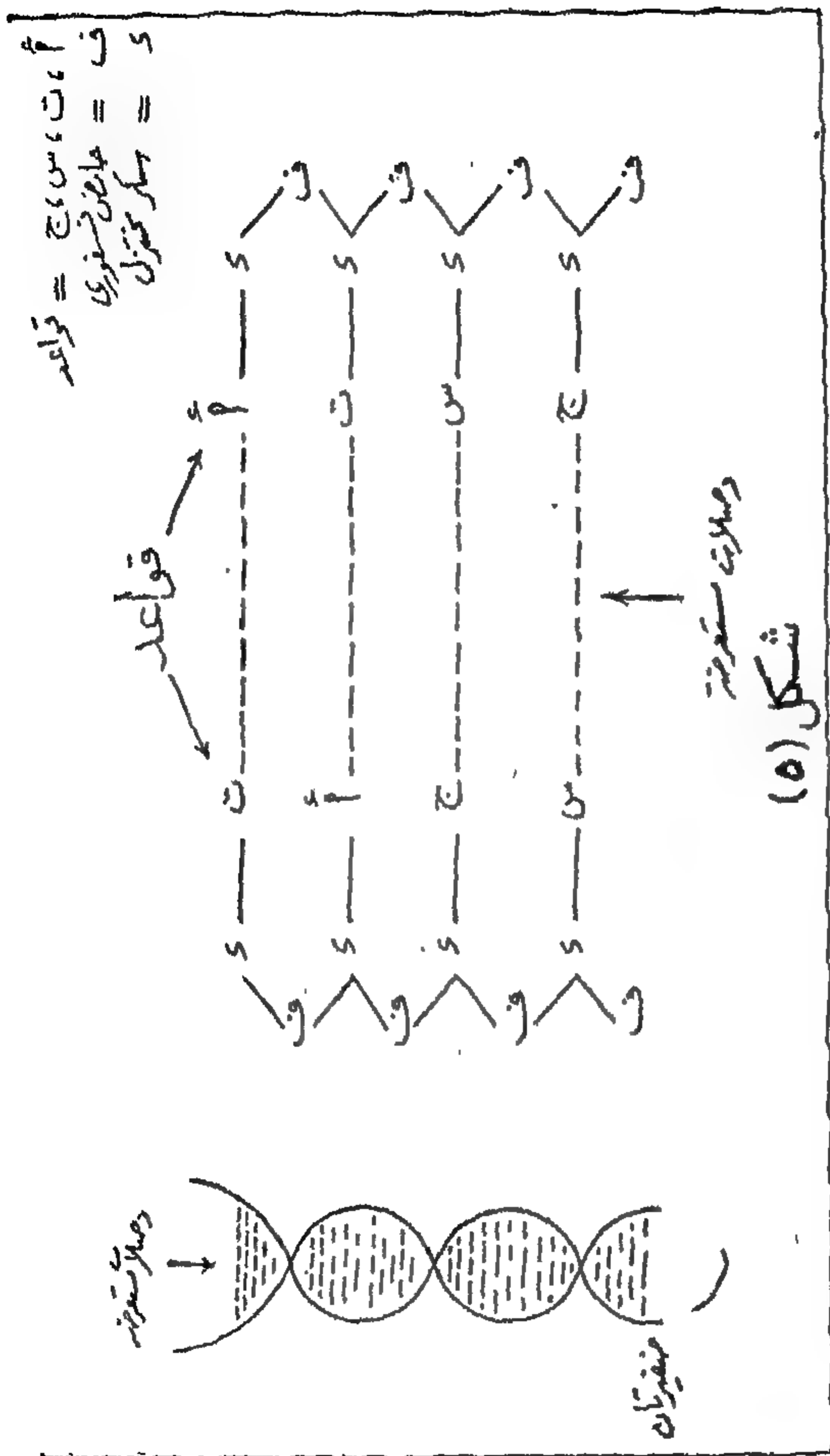


فى نواة الخلية ويسمى الحامض النووى الريبوزى المختزل  
وسنرمز له بالرمز ح. د. ن. للسهولة . أما النوع الثانى  
فىوجد فى النواة وفى جسم الخلية الهلامى الذى يعرف  
بالسيتوبلازم واسمه الحامض النووى الريبوزى وسنرمز  
له بالرمز ح. ر. ن.

والحامض ح. د. ن. تتكون جزيئاته من صفيرتين  
ملتفتين حلزونيا الواحدة حول الاخرى وبينهما وصلات  
أفقية أو مستعرضة على مسافات منتظمة كما هو مبين فى  
شكل (٥) ونحن مدينون لمعرفتنا بهذا التركيب لكريك  
وواطسون وويلكنز كما أسلفنا فى الفصل الاول .

وكل من الصفيرتين يتكون من تتابع تكرارى من  
وحدات أساسية كل وحدة منها عبارة عن جزيء مادة  
سكرية تعرف بالريبوز المختزل ملتحم كيميائيا مع حامض  
فوسفوريك ويكونان معا السطح الخارجى للصفيرة ، كما  
تلتحم المادة السكرية كيميائيا من الداخل بواحد من أربعة  
مركبات قاعدية سنرمز لها بالرموز أ ، ت ، س ، ج .

وشكل (٥) يوضح هذا التتابع فى صفيرتى جزيء  
ح. د. ن. كما أنه يوضح طريقة التحام الصفيرتين معا  
لتكوين جزيء الحامض النووى كما هو موجود بالفعل فى  
نواة الخلية ونرى فى هذا الشكل أن الالتحام بين القواعد  
يكون الوصلات المستعرضة الافقية ونلاحظ كذلك ان  
المركب القاعدى (أ) لا يمكن أن يتحد الا مع (ت) . أما



تركيب جزء ح.٥.٦ من صغيرتين تربطهما وصلات بين القواعد الأربع ، ويلاحظ أن القاعدة ( أ ) لا تتحد إلا مع القاعدة ( ت ) فقط وكذلك ( س ) لا تتحد سوى مع ( ج ) بحيث من الممكن معرفة تتابع قواعد إحدى الصغيرتين إذا ما عينا تتابع القواعد في الشفرة الأخرى . أما جسم الشفرة الخارجى فيتكون من تتابع منظم للمادة السكرية ( ع ) والحمض الشيفورى ( ف ) .

المركب (س) فلا يمكن أن يتحدد سوى مع المركب (ج) فمعرفتنا بتتابع القواعد في ضفيرة واحدة يكفي لأن نتنبأ بالتتابع في الضفيرة المقابلة .

أما عن النوع الثانى من الاحماض النووية ح. ر. ن . فتركيبه يشابه تركيب ح. د. ن . الا أن الجزىء يحتوى على الريبوز بدلا من الريبوز المختزل كما أن المركبات القاعدية الأربعة المميزة لحامض ح. ر. ن . سنرمز لها بالرمز أ ، ي ، س ، ج ، أى أن الاختلاف الوحيد هو أن المركب القاعدى (ي) فى ح. ر. ن . هو بديل المركب القاعدى (ت) فى ح. د. ن وله نفس خاصية قابلية الاتحاد بالمركب القاعدى (أ) دون ماعداه .

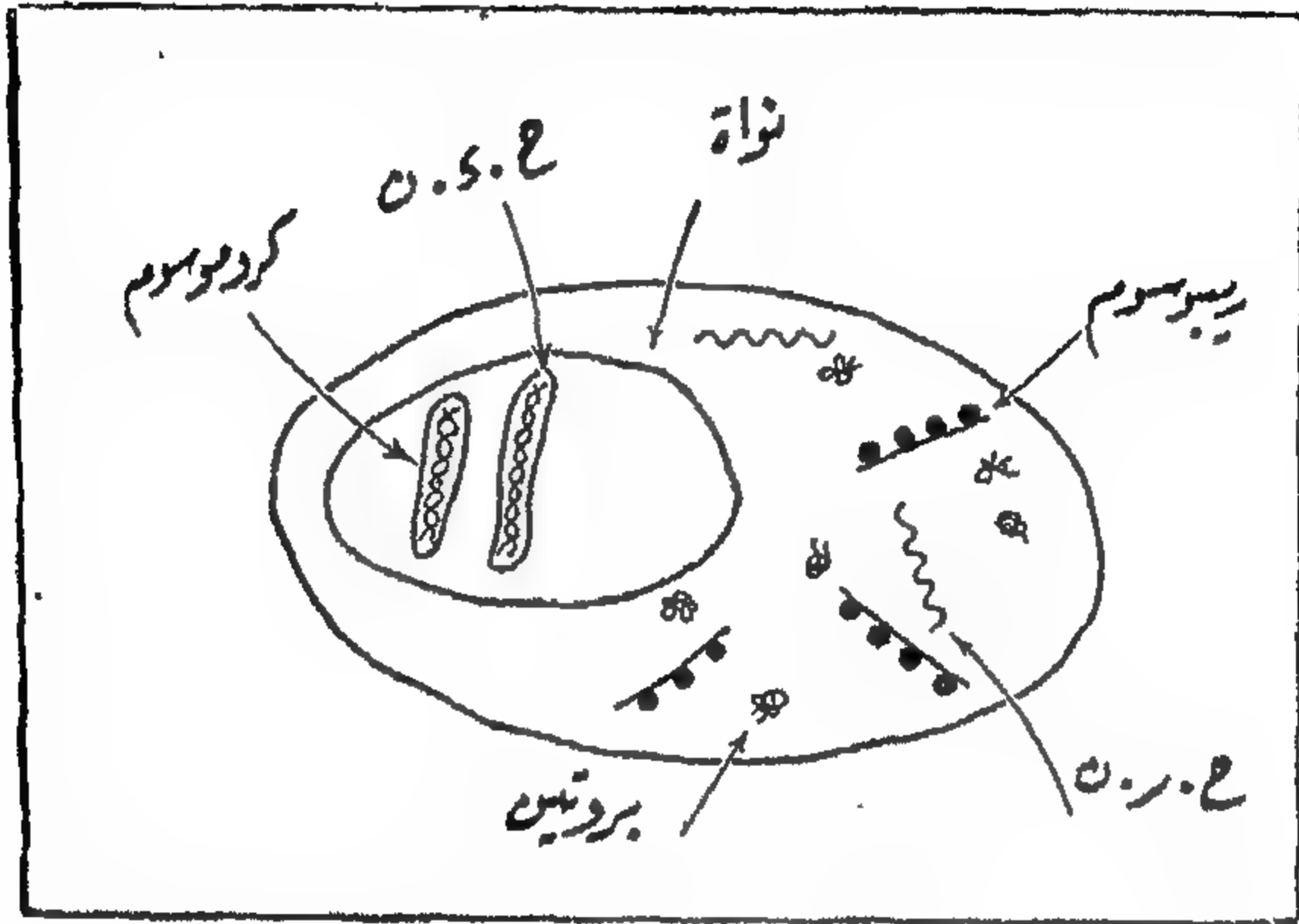
وجزىء 'الحامض النووى' يتكون فى المتوسط من ٢٠٠٠ زوج من الوحدات المتتابعة الواحدة تلو الأخرى . . فإذا ما أخذنا فى اعتبارنا أن عدد القواعد أربعة فمن الممكن أن نحصى عدد الجزيئات المختلفة من الحامض النووى الناشئة عن تتابع القواعد على طول ضفيرتى الجزىء علما بأن طول هذا التتابع يبلغ ٢٠٠٠ وحدة فى المتوسط ، ان هذا العدد من الصعب كتابته الا بطريقة رياضية قد تكون غير مألوفة وهى ٢٠٠٠ (أى أربعة مضروبة فى نفسها ألفى مرة) . وكل جزىء منها يتميز بوجود مركب قاعدى يختلف عما عداه فى موضع واحد على الأقل من المواضع الألفين التى توجد فيها القواعد .

ان هذا الرقم قد يكون مذهلا ولكنه أيضا يشير الى التنوع الهائل والتغاير الواسع النطاق للصور التي يسكن أن تتخذها الأحماض النووية . . الا يذكرنا هذا بالتغاير الواسع الذي يتميز به الأفراد من صفات ظاهرة وباطنة ؟ هذا التغاير الذي يكون ما أسميناه بالذات البيولوجية . وسيتضح لنا مما يلي أنه في تغاير الاحماض النووية يكمن سر الشفرة التي تحافظ على ذاتنا البيولوجية ومقوماتها العضوية . .

### التنظيم الداخلي للخلية :

دعنا نستعين بشكل (٦) لتوضيح ما بقي لنا . من معلومات أساسية لازمة لنا قبل استئناف رحلتنا المثيرة نحو شفرة الحياة .

في هذا الشكل نرى جسما مستديرا داخل الخلية هو ما نسميه بالنواة وما عداها من جسم الخلية يسمى بالسيتوبلازم ، وتحتوى النواة على أجسام دقيقة تعرف بالكروموسومات عددها وترتيبها ثابت بكل كائن حي وتختلف حسب اختلاف نوع الكائن الحي ، فهي في الانسان مثلا تكون ٢٣ زوجا ذات ترتيب وأشكال معروفة . وتحتوى الكروموسومات على المركبات الكيميائية التي تحدد الصفات الوراثية التي لا يحددها العدد مثل طول القامة ، ولون البشرة ، ولون العينين ، والاسستعداد للاصابة ببعض



شكل (٦)

رسم توضيحي للخلية. ويلاحظ أن نواة الخلية  
تحتوي على عدد ثابت من الكروموسومات يميز الكائن  
الحى ، وتتكون الكروموسومات أساساً من صفائر  
حامض ح.ن.و ويحتوى جسم الخلية ( أو السيتوبلازم )  
على عدد ضخم من المركبات منها جزيئات البروتين ومنها  
جزيئات الأحماض النووية ح.د.ن ومنها أيضاً جزيئات  
الريبوسوم التى توجد على جانبي مسالك دقيقة أشبه  
بالسرايب .

الامراض . . الى غير ذلك من الصفات الظاهرة والباطنة .  
والكروموسومات تتكون أساسا من ح . د . ن . وكل  
كروموسوم يحمل عدة مئات من جزيئات هذا الحامض  
النوى . .

واذا ما خرجنا من النواة الى السيتوبلازم فاننا سنقابل  
جسيمات دقيقة ملتصقة بجدار قنوات وسرايب تتخلل  
جسم السيتوبلازم ، هذه الجسيمات سنطلق عليها اسم  
الريبوسومات فيما سيلي من حديث . وهي كما سنرى  
بمثابة الانوال التي سنصنع عليها جزيئات البروتين . .  
كما اننا سنجد جزيئات حامض ح . ر . ن . سابعة في  
السيتوبلازم ، جنبا الى جنب مع القصاصات العديدة من  
جزيئات البروتين التي تزخر بها الخلية . .

والآن وقد اكتملت لنا صورة لا بأس بها عن التنظيم  
الداخلي للخلية فاننا مستعدون لأن نخوض غمار مشكلة  
كيفية صنع الخلية الحية للبروتين . ويلزم لذلك أن نشير  
اشارة سريعة الى أحد وسائل التكنيك المستخدمة في هذه  
البحوث .

### المركبات المشعة في خدمة البحوث البيولوجية :

نعلم من دروس الفيزياء أن لكل عنصر نظائر تتشابه  
في الخصائص الكيميائية وتختلف في الاوزان ، بعض هذه  
النظائر قد تكون مشعة أي أن ذراتها تتحلل تلقائيا وينتج



عن هذا الانجلال انبعث جسيمات دقيقة منها مثل  
الالكترونات أو قد ينشأ عن ذلك انبعث الاشعاع المعروف  
باشعاع جاما ٠٠٠ وهذه الاشعاعات يمكن قياسها والكشف  
عنها بكل دقة .

ويمكننا ترقيم عدد من المركبات الكيميائية وذلك  
باستبدال أحد ذراتها بذرة مشعة نظيرة لها ، مثل هذا  
المركب ممكن أن يحتفظ بصفاته الكيميائية والبيولوجية  
ويعامله الجسم معاملة المركب العادى غير المحتوى على النظير  
المشع .

وباستخدام أسلوب الترقيم هذا فاننا يمكننا احلال  
ذرة كربون مشع محل أحد ذرات الكربون الموجودة فى جزئ  
الحامض الأمينى ومن الممكن كذلك استبدال أحد ذرات  
الفوسفور فى جزئ الحامض النووى بفوسفور مشع ومن  
ثم يمكننا اقتفاء أثر مسيرة الجزئ المرقم .

### كيف تصنع الخلية البروتين :

ان قصة نمو المعرفة لكشف أسرار عملية بناء جزئ  
البروتين قصة مثيرة وتتضمن الكثير من معالم المنهج العلمى  
الذى نطمح أن نوضحه .

ان القليل من التأمل فى داخل الخلية الحية سيصدمنا  
بوجود حشد ضخم من المركبات والجزئيات ، فالخلية التى  
قطرها أقل من جزء واحد من مائة جزء من المليمتر تحتوى

فى المتوسط على عشرة آلاف صنف مختلف من البروتينات  
عدا العدد الهائل من الأحماض النووية والجزئيات  
والجسيمات المتفاوتة الحجم والمتنوعة الخصائص .

ويتضح من ذلك الصعوبة البالغة التى قد يلقاها  
الباحث وسط هذه المتاهة أثناء محاولته كشف عملية بناء  
جزئى البروتين . فمن الواضح أن طريقة العمل المسحوق  
الذى يلهث وراء جمع المعلومات الجزئية هى طريقة خديعة  
بأن تزيد من مصاعب البحث وتبعث اليأس فى نفوسنا .  
فلا بد اذن من التسليح بمنهج علمى فعال لخوض بحر  
التفاصيل والجزئيات فى الاتجاه الصحيح .

واستخدام النماذج التجريبية من أهم الأساليب  
المنهجية التى استخدمت بالفعل فى هذا المجال فضلا عن  
الاستخدام المنظم لأساليب الاستقراء المنطقى العلمى ، هذا  
كله يتم فى إطار من التكنيك العلمى المتقدم الذى يميز  
العمل العلمى الحديث .

ولنبداً بعرض نموذج تجريبى بسيط استخدمه  
سيكفكز فى مستشفى ماساشوسيتس العام فى مدينة  
بوسطن عام ١٩٥٢ ، فهذا النموذج يعد نقطة البدء فى  
رحلتنا المثيرة .

قام سيكفكز بطحن الانسجة ( مثل الكبد ) طحنا  
دقيقا فى محلول سكرى ثم تخلص من الجسيمات الكبيرة  
نسبيا المعلقة فى السائل بترسيبها من المحلول باستخدام

قوة الطرد المركزية وذلك بأن يوضع المحلول فى أنابيب خاصة تدور بسرعة كبيرة . . و بزيادة هذه السرعة الى حد مناسب يمكن الحصول على محلول يخلو من الجسيمات الكبيرة مثل نواة الخلية وعداها فلا يبقى معلقا فى المحلول سوى الريبوسومات الدقيقة . مثل هذا التحضير يمكن أن نضيف اليه مصادر للطاقة ليصبح نموذجا تجريبيا مناسباً تماماً لكشف بعض أسرار عملية بناء البروتين . . ونحن الآن على أهبة القيام بأولى تجاربنا باستخدام هذا النموذج .

بعد أن نقوم بتحضير العصير الخلوى بما فيه من ريبوسومات عالقة ، سنضيف اليه كميات مناسبة من الأحماض الأمينية التى تكون جزيء البروتين وسنستخدم هذه الجزيئات دليلاً لنا وذلك باستبدال أحد ذرات الكربون فى الجزيء بذرة كربون مشع .

وهذا الجزيء المعلم له نفس خصائص الجزيء المحتوى على الكربون العادى ، ولكنه يفيدنا فى اقتفاء أثر الحامض الأمينى أثناء عملية تكوين جزيء البروتين كما أسلفنا .

اننا لو أضفنا الحامض الأمينى المشع الى العصير الخلوى فسرعان ما سنلاحظ اختفاء هذا الجزيء كحامض أمينى حر طليق ليظهر متحددا كأحد مكونات جزيء البروتين . . نموذج تجربى جميل وفعال معاً ! . .

ما دمنا قد كونا أولى نماذجنا ومادمنا قد قمنا بأولى تجاربنا ، فلنقدم أولى فروضنا العلمية كذلك وليكن فرضنا

كالاتى « . . . . . تتسجد الاحماض النووية على سطح الريبوسومات لتكوين جزيئات البروتين التى تطلق سراحها بعد تكوينها لتسبح فى العصير الخلوى » .

نلاحظ أن هذا الفرض يتكون من ثلاث مقولات هى :-

١ - يتكون جزيء البروتين من اتحاد الاحماض الامينية .

٢ - هذا الاتحاد يتم على سطح الريبوسومات .

٣ - جزيئات البروتين الطليقة السابحة فى العصير الخلوى تمثل جزيئات البروتين بعد اكتمال تكوينها على سطح الريبوسومات واطلاق سراحها فى العصير الخلوى .

كل مقولة من هذه المقولات الثلاثة يحتمل خطأها كما يحتمل صوابها وصحة الفرض كله تستلزم صحة مكوناته الثلاثة معا . .

أما عن المقولة الاولى فصحتها تتضمنها نتيجة تجربتنا، فاضافة الاحماض الامينية الى نموذجنا التجريبي قد أدى بالفعل الى تكوين جزيئات بروتين جديدة وتلزمنا الآن تجربة لدحض أو اثبات المقولتين الثانية والثالثة . . ان اضافة بسيطة الى تجربتنا السابقة لكفيلة باختبار صحة المقولتين الثانية والثالثة . .

فدعنا مرة أخرى نضيف الحامض الامينى المشع الى

العصير الخلوى المكون لنموذجنا التجريبي ودعنا نتتبع التوالى الزمنى لظهور النشاط الاشعاعى فى الريبوسومات وفى العصير الخلوى . . فان كان ظهور النشاط الاشعاعى فى البروتين المتصق بالريبوسومات سابقا لظهوره فى البروتين الطليق فان ذلك يتفق مع المقولتين الثانية والثالثة معا . وليس من العسير أن نرى ان الفرض فى جملته فرض سليم علميا اذ أن تجاربنا تتضمن نتائجها المحتملة منطقيا ما يدحض هذا الفرض فلو وجدنا مثلا أن الحامض المرقم بالكربون المشع يظهر كمكون لجزء البروتين السابح فى السائل الخلوى قبل ظهوره فى البروتين المتصق بالريبوسومات فان هذا يتناقض بداهة مع المقولتين الثانية والثالثة ويصبح الفرض كله زائفا لأن صحته تعتمد على صحة المقولات الثلاث جميعها كما أسلفنا . . ان التجربة التى قام بها سيكفكر برهنت بالفعل على صحة هذا الفرض فى مجموعه بحيث أصبح من المسلم به الآن أن الريبوسومات تقوم بمثابة الانوال التى تنسج عليها سلسلة الجزئ البروتينى . .

### دور العصير الخلوى فى تكوين البروتين :-

ان نموذجنا التجريبي لم يستنفد امكانياته عند هذا الحد فهو ما زال قادرا على مدنا بالمزيد من المعلومات اذا تمكنا من صياغة أسئلتنا بطريقة فطنة ولعل السؤال التالى القادر على أن ينقلنا خطوة أخرى من موقفنا الراهن هو

التساؤل عما اذا كان العصير الخلوى لازما لتكوين البروتين .  
فقد رأينا أن البروتين يتكون على سطح الريبوسوم ومنه  
يسبج للعصير الخلوى . . فهل دور الاخير قاصر على انه  
الوسط الذى يسبج فيه البروتين المتكون أم أن له دورا  
آخر ؟ . .

هناك احتمالان منطقيان لهذا التساؤل هما الايجاب أو  
النفى ، أى أن السائل الخلوى اما أنه يلعب دورا خاملا أو  
دورا فعالا فى عملية تكوين جزيء البروتين ، وفى الحالة  
الاولى لا يكون وجوده لازما فى نموذجنا ، وأما فى الحالة  
الثانية فمن الضرورى أن تكون الريبوسومات معلقة فى  
سائلها الخلوى لاتمام عملية بناء الجزيء البروتينى . وهذا  
يوحى الينا بالتجربة التالية التى تحسم هذا الموقف وترجح  
أيا من الاحتمالين .

فمن الممكن ادارة السائل الخلوى بسرعة فائقة الى  
درجة تؤدى الى ترسيب الريبوسومات ونحصل بذلك على  
سائل خلوى خال تماما من أى جسيمات عالقة . وبفصل  
الريبوسومات المترسبة وتعليقها فى محلول مناسب نحصل  
على ريبوسومات بدون عصير خلوى على الاطلاق . وبعد ذلك  
نقوم باضافة الحمض الأمينى المعلم المناسب لكل من العصير  
الخلوى والريبوسومات كل على حدة .

وبتأمل النتائج المحتملة لمثل هذه التجربة وبفحص



دلالة هذه النتائج فاننا نستطيع أن نحسم صحة أى من الاحتمالين ..

ان النتائج المتوقعة تنحصر فى أربعة احتمالات هى :-  
**الاحتمال الاول :** يظهر النشاط الاشعاعى فى بروتين  
العصير الخلوى فقط .

**الاحتمال الثانى :** يظهر النشاط الاشعاعى فى بروتين  
الريبوسومات .

**الاحتمال الثالث :** يظهر النشاط الاشعاعى فى بروتين  
كل من العصير الخلوى والريبوسومات .

**الاحتمال الرابع :** لا يظهر أى نشاط اشعاعى فى  
بروتين العصير الخلوى أو بروتين الريبوسومات .  
ان تحقق الاحتمال الاول مستبعد لأنه يتناقض مع  
ما سبق أن توصلنا اليه من أن البروتين يتكون على سطح  
الريبوسومات ، ولذا فنحن لا نعلق عليه أهمية كبيرة سوى  
أن دحضه التجريبي من شأنه أن يقرر استنتاجنا السابق  
ويدعمه .

أما الاحتمال الثانى فهو ينفى أن للسائل الخلوى دورا  
عدا أنه الوسط الذى تسبح فيه البروتينات بعد تكوينها

والاحتمالان الثالث والرابع من شأنهما أن يؤيدا فكرة  
الدور الايجابى الذى يلعبه السائل الخلوى فى بناء البروتين،  
الا أنه لو تحقق الاحتمال الثالث فذلك يعنى أن السائل

الخلوى نفسه قادر على أن يكون البروتين ، أما الاحتمال الرابع فيدل على أن دوره فى بناء البروتين لا يتم الا فى وجود الريبوسومات .

هذه هى الاحتمالات الاربع ودلالة كل منها . . فماهى النتيجة التجريبية التى نحصل عليها لو أننا قمنا بها بالفعل ؟

قد قام زميكنيك وكيلر عام ١٩٥٤ بهذه التجربة وأسفرت عن فشل الريبوسومات والعصير الخلوى كل منهما على حدة فى تكوين البروتين ولكن عند مزجهما مرة أخرى فإن عملية البناء تلاحظ فى الريبوسومات ومنها ينتقل البروتين المتكون الى العصير الخلوى . . وهذه النتيجة تحقيق علمى آخر لنموذجنا التجريبى البسيط .

ويتمخض كل ذلك عن سؤال يفرض نفسه بصفة ملحة : ما دور العصير الخلوى فى عملية البناء ؟ .

يحتوى العصير الخلوى على عدد هائل من المركبات الذائبة فيه منها الانزيمات (الخمائر) ومنها حمض ح . ر . ن . وتلعب الخمائر دورا هاما فى عملية البناء . وسنقرر بدون استدلال أن لكل حامض أمينى من العشرين حامضا خميرة خاصة تحوله الى حالة نشطة كخطوة أولية لاستخدامه فى بناء البروتين . . ونحن نقرر هذا هنا بدون استدلال منطقى مثل الذى استخدمناه فى مناسبات سابقة لان الخطوات العلمية والتجريبية التى أدت الى هذا الاستنتاج تتضمن

بعض التفاصيل الكيميائية التي نخشى أن تبعث مناقشتها  
السأم في النفوس

### دور ح. ر. ن. • الذائب في العصير الخلوي :

أما دور حمض ح. ر. ن. • فمن الممكن أن نستدل عليه  
باتباع أسلوبنا السابق ولكن يلزمنا لتحقيق هذا الغرض  
تعديل نموذجنا التجريبي •

يتكون نموذجنا حتى الآن من عصير خلوي به جزيئات  
ذائبة وتسبح فيه ريبوسومات معلقة • • والتكنيك الذي  
في متناولنا يمكننا من فصل الريبوسومات عن العصير  
الخلوي وسنعدل الآن من هذا النموذج ليناسب هدفنا  
الجديد وهو دراسة دور ح. ر. ن. • في بناء البروتين •

فلنفصل العصير الخلوي عن الريبوسومات ولننتخلص  
من الأحماض النووية الذائبة فيه بمعالجته معالجة خاصة  
مستغلين في ذلك أحد وسائل التكنيك المتوفرة في الميدان  
العلمي • •

اننا اذا أعدنا مزج العصير المعدل بهذه الطريقة مع  
الريبوسومات فأننا نحصل على نموذج تجريبي يخلو من  
حمض ح. ر. ن. • والسؤال الآن : هل وجود هذا الحامض  
ضروري لعملية بناء البروتين ؟ • • • • من البديهي أن الإجابة  
على هذا السؤال اما ايجابية أو سلبية • • • فلو كان وجود  
حامض ح. ر. ن. • ضروريا فأننا لو أضفنا حامضا أمينيا

معلما بالكربون المشع ، فان النشاط الاشعاعى لن يظهر ملتصحا فى جزىء البروتينات كما أنه لابد ان يظهر النشاط البنائى مرة أخرى اذا ما أضفنا ح<sup>٠</sup> ر<sup>٠</sup> ن<sup>٠</sup> بكمية مناسبة . .

هذه النتائج حصل عليها بالفعل عـدد من المجرىين فى الفترة بين عامى ١٩٥٧ و ١٩٦١ و لىها نشير الى ان وجود ح<sup>٠</sup> ر<sup>٠</sup> ن<sup>٠</sup> الذائب فى العصير الخلوى عامل أساسى فى عملية البناء

والآن ماهو دور ح<sup>٠</sup> ر<sup>٠</sup> ن<sup>٠</sup> فى عملية بناء البروتين ؟ سنستعرض أولا بعض الاحتمالات لما عساه أن يكون هذا الدور . . . ان معلوماتنا حتى الآن تدل على أن تنشيط الحامض الأمينى بواسطة الخميرة الخاصة به خطوة أولية وتمهيدية فى عملية البناء . . . . فهل من الجائز أن ثمة اتحادا يحدث بين جزىء الحامض الأمينى المنشط وبين جزىء ح<sup>٠</sup> ر<sup>٠</sup> ن<sup>٠</sup> . . . . مثل هذا الاحتمال قائم ويلزمنا الآن القيام بتجربة بسيطة لدحض أو اثبات الاحتمال . . . ان التفكير فى تصميم التجربة ليس بالأمر العسير ، ويرجع الفضل فى هذا الى وجود نموذجنا التجريبي تحت أيدينا بعد أن نعدله قليلا ليناسب غرضنا الجديد . . . . فلنحضر عصيرا خلويا خاليا تماما من الريبوسومات ، أن مثل هذا العصير يحتوى على ح<sup>٠</sup> ر<sup>٠</sup> ن<sup>٠</sup> كما أنه يحتوى على الأحماض الأمينية العشرين ونحن نعلم أنه لايمكن أن يتم بناء البروتين فى مثل هذا المحلول فاذا ما أضفنا اليه حامضا أمينيا معلما بالكربون المشع ثم فصلنا ح<sup>٠</sup> ر<sup>٠</sup> ن<sup>٠</sup> فائنا سنجد الحامض الأمينى

المشع ملتصقا وملتحما بالحامض النووي ٠٠٠٠ ونستطيع أيضا أن نوسع في تجربتنا فنعيد مزج العصير الخلوي الى الريبوسومات فنلاحظ عندئذ أن النشاط الاشعاعي ينتقل من الحامض النووي الى الريبوسومات ومنها الى بروتين العصير الخلوي .

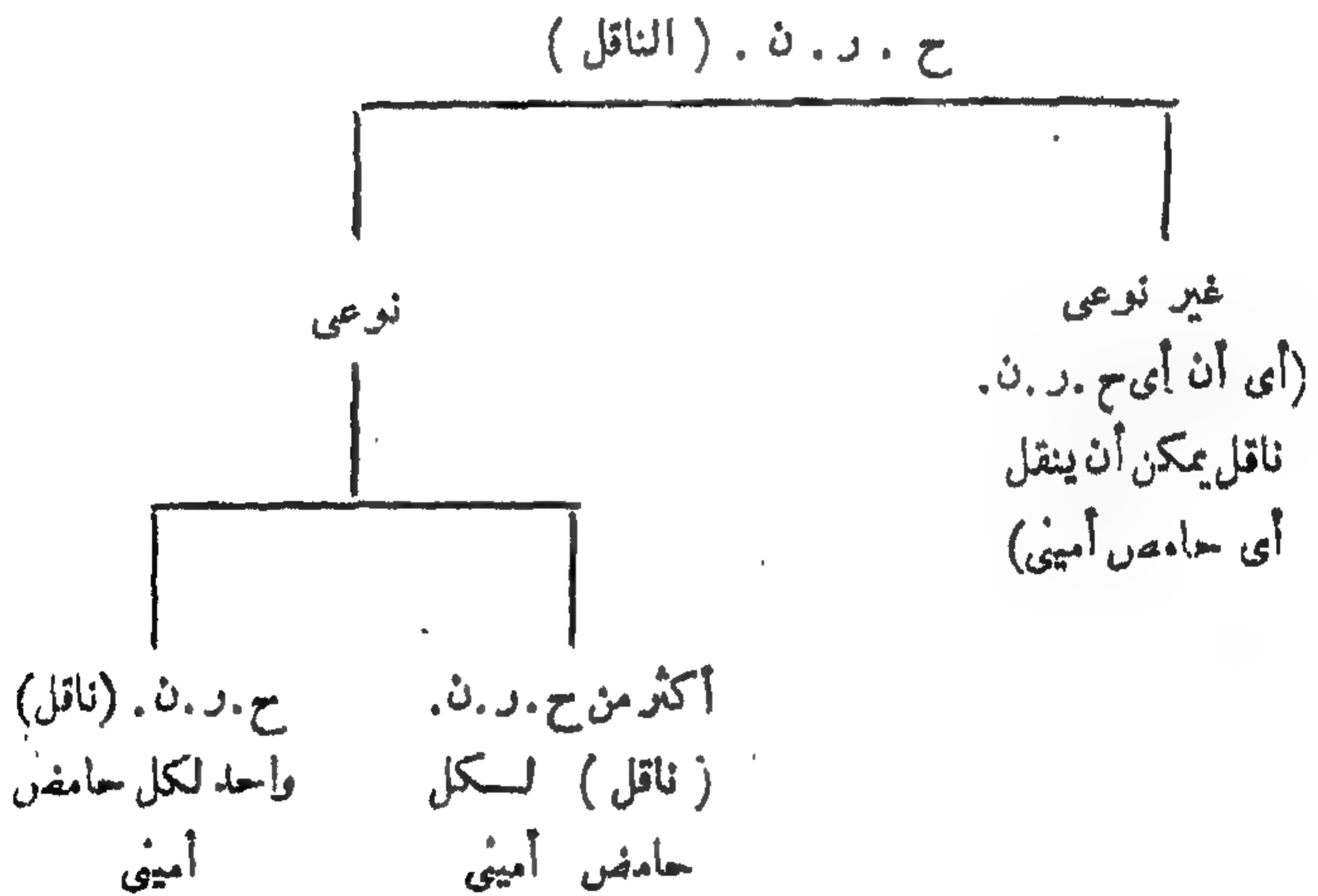
ودعنا الآن نزيد من احكام استنتاجاتنا فنضيف الحامض الأميني المعلم الى نموذجنا التجريبي الأصلي ( أى الريبوسومات المعلقة فى العصير الخلوي ) فاننا سنلاحظ أن ثمة التحاما سريعا سيتم بين الحامض الأميني المشع وبين ح . ر . ن . الذائب وذلك قبل ظهور النشاط الاشعاعي فى الريبوسومات أو فى البروتين السابح فى العصير الخلوي .

ان هذه المشاهدات تتفق مع افتراضنا بأن ح . ر . ن . يقوم بحمل الحامض الأميني المنشط وينقله من العصير الخلوي الى سطح الريبوسوم ، حيث يتم التحامه مع غيره من الاحماض الأمينية لتكوين جزيء البروتين . ان هذا الاستنتاج أصبح الآن حقيقة مسلما بها ولذا فان ح . ر . ن . الذائب فى العصير الخلوي يستحق أن نطلق عليه اسما يميزه عن غيره من فصائل الاحماض النووية وليكن هذا الاسم ح . ر . ن . ( الناقل ) فهو يقوم مقام العربة التى تحمل الحامض الأميني الى المكان المناسب على سطح الريبوسوم .

## المزيد عن ح. ر. ن ( الناقل ) :

ان وصولنا في رحلتنا الى هذا الحد يثير المزيد من التساؤل وسنبداً بمشكلة نوعية ح. ر. ن. (الناقل) ونعني بذلك احتمال وجود جزئ ح. ر. ن. (ناقل) متخصص في نقل حامض أميني واحد دون ما عداه من الأحماض الأمينية الأخرى ...

دعنا نبني شجيرة احتمالية لهذه المسألة ودعنا ننظم أفكارنا حولها ومن ثم نصمم التجارب المناسبة التي تتميز بالبساطة والفاعلية ...





سنلاحظ أن شجرتنا المنطقية تؤدي الى طريق مسدود لو تتبعناها سالكين فرع عدم نوعية ح.ر.ن. (ناقل) ، فعدم النوعية يعنى أن أى ح.ر.ن. (ناقل) ، ممكن أن ينقل أى حامض أمينى ، أما اذا سلكنا الطريق القائل بنوعية ح.ر.ن. (ناقل) فهناك احتمالان فاما أن يوجد أكثر من ح.ر.ن. ناقل واحد تتخصص فى نقل حامض أمينى معين دون ما عداه أو أن تلك القدرة مقصورة على نوع واحد فقط من الأحماض النووية الناقلة .

ومن الواضح أن تجربتنا يجب أن تحسم أولا مشكلة نوعية الحامض النووى... فهل تسعفنا النماذج التجريبية التى فى متناولنا لحسم هذه المشكلة ؟ ... ليس من العسير بعد الخبرة التى اكتسبناها أثناء ما قطعناه من رحلتنا أن نضع تصميمًا تجريبيًا مناسبًا يحسم مشكلة النوعية هذه ... علينا هذه المرة أن نحضر عصيرا خلويا فيه ريبوسومات معلقة ولنحصى بوسائل عملية تحليلية يضعها التكنيك فى خدمتنا ، عدد جزيئات حامض ح.ر.ن. (ناقل) الموجودة فى المحلول ونحن نعلم أن كل جزيء من الحامض النووى الناقل قادر على الاتحاد مع جزيء واحد من حامض أمينى منشط . فدعنا الآن نضيف الى المحلول عددا من جزيئات حامض أمينى معين وليكن ح ١ بحيث يصبح عدد جزيئات الأحماض الأمينية مساويا لعدد جزيئات ح.ر.ن. (ناقل) . فلنتأمل قليلا فى محلولنا هذا ولنر ما هو حادث فيه على ضوء الاحتمالات المبينة فى

شجيرتنا المنطقية • انه لو كان ح. ر. ن. • (ناقل) غير نوعى  
فذلك يعنى أن كل جزيئات ح ١ توجد فى المحلول ملتصقة  
مع جزيئات ح. ر. ن. • (ناقل) فضلا عن أنه سوف لا يوجد  
فى المحلول جزيئات ح. ر. ن. • (ناقل) خالية وقادرة على  
حمل المزيد من الاحماض الأمينية من نوع آخر مثل ح ٢ أو  
ح ٣ • الخ أما اذا كان ح. ر. ن. • (ناقل) نوعيا فذلك  
معناه أن جزيئات الحامض النووى الناقل المتخصص فى  
الاتحاد مع ح ١ ونقله هى التى ستصبح متشعبة دون  
سواها من باقى أنواع ح. ر. ن. • (ناقل) بل وان عددا من  
جزيئات ح ١ المضافة لن يجد أماكن خالية من ح. ر. ن. •  
(ناقل) النوعى فيظل فى حالة طليقة وغير متحد مع حامضه  
النووى الناقل المتخصص ••• بالرغم من هذا فانه ما زالت  
توجد أماكن خالية من الانواع الأخرى من ح. ر. ن. •  
(ناقل) يمكن أن تتحد مع مزيد من الأحماض الأمينية من  
نوع آخر مثل ح ٢ ، ح ٣ ••• الخ •••

فنوعية ح. ر. ن. • (ناقل) أو عدم نوعيته توجد  
ظروفا مختلفة تماما تنشأ من اضافة جزيئات ح ١ • فلنقم  
بخطوة صغيرة أخرى للتمييز بين الحالتين •• ودعنا الآن  
نضيف جزيئات ح ٢ مثلا معلمة بالكربون المشع •• ونحن  
نعلم أن اتحاد جزيء الحامض الأمينى المنشط مع جزيء  
ح. ر. ن. • (ناقل) خطوة أساسية لاستخدام الحامض الأمينى  
فى بناء البروتين على سطح الريبوسوم ••• انه اذا ما ظهر  
النشاط الاشعاعى بقدر معقول فى بروتين الريبوسوم ومن

ثم فى العصير الخلوى ٠٠ فان ذلك يعنى أن عملية نقل  
ح ٢ قد تمت باتحاده مع ح ٠ ر ٠ ن ٠ (ناقل) ٠٠٠ وذلك  
يعزز احتمال نوعية ح ٠ ر ٠ ن ٠ (ناقل) بالنسبة للحامض  
الأمينى ح ١ ، أما اذا لم يظهر أى نشاط اشعاعى فى  
البروتين فيمكن استنتاج أن جزيئات ح ٠ ر ٠ ن ٠ (ناقل)  
مشغولة كلها بجزيئات ح ١ بحيث لا توجد أية أماكن  
خالية لحمل جزيئات ح ٢ وذلك يؤيد احتمال عدم نوعية  
ح ٠ ر ٠ ن ٠ (ناقل) ٠ من الواضح أن تجربتنا هذه قادرة على  
حسم قضية نوعية ح ٠ ر ٠ ن ٠ (الناقل) والنتائج التجريبية  
التي حصل عليها الباحثون بالفعل تؤكد هذه النوعية ،  
فالحامض النووى الذى يحمل حامضا أمينيا معيناً غير قادر  
على حمل أى حامض أمينى آخر ٠ فالتخصص هنا واضح  
المعالم وصارم كل الصرامة ٠٠٠ ولنعد الآن الى شجرتنا  
بعد أن تلمسنا طريقنا فى أولى تفرعاتها ، ولنحاول أن  
نحسم مسألة احتمال وجود أكثر من ح ٠ ر ٠ ن ٠ (ناقل)  
واحد قادر على حمل أى من الأحماض الأمينية ٠

ان نموذجنا التجريبى قادر على حسم هذه المسألة  
أيضا ولكن علينا أن نستعين بتكنيك متقدم وهذا لا يعوزنا  
فى النصف الثانى من القرن العشرين والمهم أن نستخدم  
هذا التكنيك بحكمة وفى اطار النسيج المنطقى لبحثنا ٠٠٠  
فلنشبع كل جزيئات ح ٠ ر ٠ ن ٠ (ناقل) المتخصصة  
فى نقل ح ١ مثلا والموجودة فى نموذجنا التجريبى باضافة  
فائض من جزيئات ح ١ ، ولنتخلص بطرق معملية معروفة

من كل جزيئات ح. ر. ن. ( ناقل ) الموجودة في المحلول في صورة طليقة أى غير متحدة مع أى من الأحماض الأمينية فسيبقى لنا في المحلول جزيئات ح. ر. ن. ( ناقل ) المتخصصة في نقل ح ١ فان في الامكان بعد ذلك اختبار هذه الجزيئات بطرق كيميائية وتحليلية معلومة للعاملين في هذا الحقل .

ونستطيع أن نكرر نفس التجربة باستخدام ح ٢ ، ح ٣ ٠٠٠ الى ح ٢٠ .

وقد انتهت سلسلة هذه التجارب بانتهاء عام ١٩٦٢ وهي تشير في جملتها الى احتمال وجود أكثر من ح. ر. ن. ( ناقل ) واحد متخصص في نقل أى من الأحماض الأمينية ٠٠٠ وهذا العدد يتراوح بين واحد وأربعة أحماض نووية. ناقلة لكل حامض أميني واحد ٠٠٠ وهي بهذا تكون مجموعات كل مجموعة لها صفة النوعية ، وبهذه تتضح لنا المعالم التي يسلكها الواقع البيولوجي بالنسبة للاحتتمالات الموضحة في شجيرتنا المنطقية ٠٠ كل هذا يتم من خلال استعمال نموذجنا التجريبي البسيط . وهذا يمثل انتصارا رائعا جديدا لهذا النموذج .

### من الذى يقود : الراكب أم المركبة ؟

دعنا نستعيد ما توصلنا اليه حتى الآن قبل استئناف رحلتنا ٠٠٠ فقد رأينا أن خطوات بناء البروتين تبدأ بتنشيط الأحماض الأمينية بوساطة خمائر خاصة نوعية

أى أن لكل حامض أمينى خميرة خاصة به تنشطه ثم يحمل الحامض الأمينى جملا الى داخل الريبوسومات بوساطة جزيئات ح<sup>٠</sup> ر<sup>٠</sup> ن<sup>٠</sup> (ناقل) • ورأينا أن لكل حامض أمينى عددا محدودا لا يزيد عن أربعة من الأحماض النووية قادرة على حمله وأن ذلك يتم بالتحام جزيء ح<sup>٠</sup> ر<sup>٠</sup> ن<sup>٠</sup> ( ناقل ) واحد بجزيء حامض أمينى منشط كما رأينا أن المجموعة المعينة من الأحماض النووية الناقلة القادرة على نقل حامض أمينى معين تختص بنقل هذا الحامض دون ما عداه •

خطوتنا التالية هى تتبع الحامض النووى المتحد مع الحامض الأمينى فى رحلته من العَصِيرِ الخَلَوِ الى الريبوسومات وبالعكس ••• ان الأدلة التجريبية الراهنة تدل على أن دور الحامض النووى الناقل هو بمثابة عربة النقل التى تحمل الحامض الأمينى الى داخل الريبوسومات حيث يوضع فى كل مكان خاص جنبا الى جنب مع غيره من الأحماض الأمينية لتكوين سلسلة جزيء البروتين ثم تستأنف عربة النقل رحلة العودة الى العَصِيرِ الخَلَوِ لتحمل جزيئا جديدا من حامض أمينى منشط من نفس النوع الذى تختص بحمله ••• وان الأسلوب التجريبى الذى استعمل لتتبع هذه الرحلة يتسم بالجمال والبراعة ولذا فأننا سنعطى هنا لمحة قصيرة عنه •

سبق أن رأينا كيف أنه من الممكن أن نرقم أيا من الأحماض الأمينية العشرين بوساطة ذرة كربون مشع ، كما أنه من الممكن كذلك ترقيم جزيء الأحماض النووية

بوساطة ذرة فسفور مشع ، ونحن نمتلك من وسائل  
التكنيك ما يمكننا من التمييز بين الاشعاع المنبعث منهما  
•• فاذا ما رقمنا حامضا أمينيا معيناً وليكن ح ١ بوساطة  
كربون مشع ورقمنا عربته الحاملة له من جزئ ح • ر • ن •  
بوساطة الفسفور المشع وأضـفنا ذلك الى نموذجنا  
التجريبي المكون من العصير الخلوي والريبوسومات المعلقة  
فسرعان ما سنبشاهد التحام ح•ر•ن• ( ناقل ) مع ح ١  
فيتجمع النشاط الاشعاعي للكربون والفسفور في جزئ  
مركب كبير ثم ينتقل هذا النشاط الملتحم الى الريبوسومات  
ومن ثم يبقى جزئ الحامض الأميني متصلاً بالريبوسومات  
على حين يغادرها الحامض النووي كاملاً الى السائل الخلوي  
وعند اكتمال بناء جزئ البروتين على سطح الريبوسوم  
يظهر النشاط الاشعاعي في هذا الجزئ في المكان الذي  
يشغله الحامض الأميني المرقم •• وسرعان ما يغادر جزئ  
البروتين سطح الريبوسوم ليعود الى العصير الخلوي ••  
تجربة رائعة وتتسم بتخطيط منطقي واضح قام بها هوجلاند  
وكوملر عام ١٩٦٠ وحسماً بها أحد جوانب دور ح•ر•ن•  
( ناقل ) •

سبق أن ذكرنا أن كل فصيلة من فصائل جزيئات  
البروتين تتميز بتتابع صارم في منتهى الدقة والاحكام  
لأحماضه الأمينية وذلك يستلزم أن يتجه الحامض الأميني  
المحمول الى موضعه المحدد لا بكل دقة على طول سلسلة  
الجزئ البروتيني أثناء تكوينه •• فمن الذي يقود العربة

ففي رحلتها من العصور الخولى الى محطة الوصول على  
سطح الريبوسوم ؟ هل قائد الرحلة والمرشد للطريق هو  
الحامض الأمينى الراكب أم الحامض النووى الناقل ؟ قد  
تنبأ كريك بالاجابة على هذا السؤال عام ١٩٥٨ ، فقد  
رجح كريك لاعتبارات نظرية سنتعرض لبعض معالمها بعد  
قليل أن الذى يحدد محطة الوصول على سطح الريبوسوم  
ليس الحامض الأمينى بل العربة التى تحمله من حامض  
نووى ناقل ، وقد تحققت النبوءة تجريبيا بعد أربعة أعوام  
ففى ١٩٦٢ أوضح تشابفيل تجريبيا أن لكل صنف من  
ح. ر. ن. ( ناقل ) محطة وصول ثابتة على سطح  
الريبوسوم الواحد بصرف النظر عن الراكب الذى يحمله  
.. والطريقة الى اتباعها تشابفيل تتسم بالرشاقة والبساطة  
مثل معظم التجارب التى تجرى فى هذا الميدان ولذلك  
فسنقف عندها قليلا .

فلندع حامضا أمينيا معيناً ( وليكن ح ١ ) يركب  
عربته الخاصة به ولنرمز للعربة وراكبها بالرمز  
( ح ١ + ح. ر. ن. (١) ) ثم دعنا بعد ذلك نحول  
ح ١ بطرق كيميائية الى حامض أمينى مختلف وليكن ح ٥ ،  
ولكنه أيضا واحد من العشرين حامضا أمينيا المعروفة ،  
ويمكننا أن نرمز للوضع الجديد لعربتنا براكبها بالرمز  
( ح ٥ + ح. ر. ن. (١) ) أى أننا قمنا بخدعة  
بارعة بايجاد ح ٥ على عربة غير عربته ، فالى أين تتجه  
مثل هذه العربة براكبها ؟ ... ان تجربة تشابفيل بينت



أن مثل هذه العربة تتجه للمكان المخصص للحامض الأميني  
ح ١ بالرغم من أن الراكب هو ح ٥ ٠٠٠ وذلك يحقق  
فرض كريك بأن الحامض النووي الناقل هو الذي يقود  
القافلة وهو الذي يعرف طريقة في مسالك الريبوسومات  
ولكن السؤال الآن هو كيف يتعرف على المكان المحدد له على  
طول سلسلة جزيء البروتين أثناء بنائه على سطح  
الريبوسوم ؟

## الفصل الرابع

# الأساس الجزئى للذات البيولوجية

## ٢- شفرة بناء جزئى البروتين

ان الكشف عن شفرة بناء جزئى البروتين يعد مثلاً واضحاً للمحاولات العلمية الناجحة للكشف عما أسميناه فى الفصل الاول بالعوامل الحاسمة التى توجد فى الطبيعة مختلطة بحشد هائل من العوامل عديدة أو قليلة التأثير والفاعلية والتى ينهك السعى وراءها قوى العمل العامى ويضعف من فاعليته . والبحث المنظم عن هذه العوامل الحاسمة يعد أحد معالم المنهج العلمى الفعال وخاصة فى ميدان العلوم البيولوجية .

قد أنهينا الفصل السابق بأن طرحنا مشكلة اهتمام وتعرف ح. ر. ن (ناقل) الى المكان المحدد لراكبه الحامض الأمينى ، فوق سطح الريبوسوم . والكشف عن وسيلة التعرف هذه سيوضح لنا أسلوب العمل العلمى المنظم

للكشف عن هذه العوامل فضلا عن أن قصة هذا الكشف تتميز بالاستخدام الصريح لقواعد الاستقراء المنطقي

### في أعماق الريبوسوم :

اننا ندخر مفاجأة للقارىء لم نذكرها من قبل ، ذلك أن جسم الريبوسومات نفسه يتكون من صنف من الجزيئات العملاقة من أهمها فصائل من الاحماض النووية سنسميها ح. ر. ن. ( ريبوسومي ) لتمييزها عن ح. ر. ن. (ناقل) وهذه الاحماض تكون ٤٠٪ من جسم الريبوسوم (كما أن ٥٠٪ أخرى من جسم الريبوسوم تتكون من جزيئات بروتينية والباقي من مواد مختلفة ) .

ان لجزيئات ح. ر. ن. (ريبوسومي) مزايا رئيسية . .  
أولها طولها الهائل فهي أطول بكثير من جزيئات ح. ر. ن. ( ناقل ) . . وثاني هذه المزايا هو أنها تتبع نفس النمط العام لتركيب الاحماض النووية الممثل في شكل (٥) ، الا أن التتابع التكرارى للوحدة يتكرر في تكوينها مئات أو آلاف المرات وكل الوحدات متماثلة تماما في المادة السكرية والحامض الفوسفورى المكونين للسطح الخارجى للجزيء ، ولكن كل وحدة تحتوى على واحد من المركبات الاربع القاعدية أ ، ي ، س ، ج ، كما أن لجزيء الحامض النووى القدرة على الالتحام بجزيء نووى آخر اذا ما كان تتابع القواعد على طول الجزيء مكملًا لقواعد الجزيء الاول . . فكما سبق أن ذكرنا فان القاعدة ( أ ) لا تتحد سوى مع القاعدة (ي)

والقاعدة (ج) لا تتحد الا مع القاعدة (س) ، فلو كان هناك  
جزء ح ٠ ر ٠ ن ٠ ( ريبوسومي ) تتتابع فيه القواعد حسب  
الترتيب أ - ي - س - ج - ي - أ ٠٠٠ الخ فان مثل هذا  
الجزء ممكن أن ينضم الى جزء آخر اذا ما كان تتابعه ي -  
أ - ج - س - أ - ي ٠٠ الخ ويعرف مثل هذا الاتحاد  
بالازدواج التكميلي ٠٠ كما هو موضح بشكل (٥) .

ان وجود ح ٠ ر ٠ ن ٠ ( ريبوسومي ) بهذه الصفات على  
سطح الريبوسومات ليوحى الينا بالاسباب التي دعت كريك  
في عام ١٩٥٨ الى الافتراض بأن الاحماض الامينية تهتدى  
الى مكانها بفضل الحامض النووي الناقل لها ٠٠ فقد كان  
من العسير على كريك أن يتصور وجود طريقة يتعرف بها  
جزء الحامض الأميني على مكانه مباشرة ولكنه من السهل  
تصور بل وافتراض أن الجزء ح ٠ ر ٠ ن ٠ (الناقل) لديه من  
تتابع القواعد ما يفرض عليه مكانا بالذات على سطح جزء  
ح ٠ ر ٠ ن ٠ ( ريبوسومي ) وذلك هو المكان الذي تتتابع فيه  
قواعد مكمله لقواعد الحامض النووي الناقل ٠٠

هذا الافتراض له اذن ما يبرره من حقائق تحت  
أيدينا ٠٠ ولكن لا يزال في طور الفرض العلمي الى أن نحققه  
بالتجارب ٠٠ وهذه هي خطواتنا التالية ٠٠

دعنا نوضح أولا معالم الفرض العلمي ومكوناته قبل  
الدخول في مشكلة الاثبات التجريبي ٠٠ فرضنا يقرر لنا  
التالي :-

١ - لكل حامض أميني عربة أو أكثر (بحد أقصى أربع عربات) من ح.ر.ن. (ناقل) تختص بنقله . . هذا القسم من الفرض قد سبق لنا اثباته تجريبيا . .

٢ - تتابع القواعد في جزىء كل ح.ر.ن. (ناقل) له نظام ثابت ، يختلف باختلاف الحامض الأميني المنقول . .

٣ - يوجد لكل بروتين معين جزىء ح.ر.ن. (ريبوسومي) يقوم مقام خط الانتاج تصطف عليه القواعد أ ، ي ، ج ، في نظام ثابت ، بحيث يمكن اعتباره أقساما أو وحدات متلاحقة كل وحدة سنسميها بالشفرة وهي في الواقع قسم من الخط ذو طول معين يساوى طول جزىء ح.ر.ن. (ناقل) معين وتتتابع القواعد عليه حسب نمط ، مكمل لقواعد هذا الجزىء الناقل أى أنه كلما وجد (أ) على أيهما ، فإن ذلك يقابله (ي) على الجزىء الآخر . . وكذلك بالنسبة للقاعدتين (س) ، (ج) .

٤ - يتعرف ح.ر.ن. (الناقل) على مكانه فوق سطح ح.ر.ن. (ريبوسومي) بهذه الطريقة وبما أن لكل جزىء بروتين خطا انتاجيا خاصا من ح.ر.ن. (ريبوسومي) يحمل الشفرة المميزة لتتابع أحماضه الأمينية فإن ذلك يضمن أن جزيئات البروتين الواحد تتماثل تماثلا تاما في تتابع أحماضها الامينية التى يتم الالتحام بينها أثناء وجودها على سطح الريبوسوم ثم ينفصل الجزىء البروتينى بعد اكتمال تكوينه لينطلق سابحا فى العصير الخلوى .

هذه هي الفروض في هيكلها وبنائها العام • فلنرى كيف يمكننا اثبات هذه الفروض تجريبيا •

ان الانتصار الذى قد يحوزه فرع من فروع العلم قد يكون له بالغ الأثر على تقدم فرع آخر وهذا ما حدث بالفعل فى ميدان البيولوجيا الجزيئية عند مواجهتها لتحديد حل مشكلة شفرة بناء البروتين فقد تمكن الكيميائيون من انتاج مركبات صناعية تعرف باللدائن أو البوليمرات تتميز بأن جزيئاتها بالغة الطول وتتكون من وحدات أساسية صغيرة تتكرر بصورة أو أخرى على طول الجزيء ، ولعل المركبات المعروفة باسم البلاستيك والمنظفات من الامثلة المعروفة لهذه المركبات •• ان الكيميائيين لم يتعرفوا على هذه المركبات فحسب بل وأدخلوا أيضا التكنيك العام الممكن استخدامه بشئ من التعديل هنا وهناك لتحضير مركبات طويلة الجزيئات تتتابع فيها الوحدات الصغيرة •• هذا التكنيك ممكن استخدامه فى تحضير أحماض نووية لها الطول الذى يناسبنا وذات تتابع قاعدى يمكننا التحكم فيه تماما •

ونحن نذكر هذا لنلفت نظر العاملين فى حقول البحث الى ضرورة تتبع الكشف العلمية التى تتم فى الجبهة العلمية كلها فلعل فى أحد هذه الكشف ما يدفع عجلة تقدم بحوثهم •

• قد تم أول استخدام تجريبى للأحماض النووية الصناعية عام ١٩٦١ فى تجربة لعلها من أرشق الأعمال

التجريبية التي تمت في هذا الحقل • قنم بهذه التجربة  
نيرنبرج وماتهاى واستخدما نموذجنا التجريبي بعد تعديله •

فلنحضر العصير الخلوى بما فيه من ريبوسومات  
معلقة ولنتخلص من الحشد الهائل من الاحماض النووية  
الموجودة فى المحلول وذلك بتحطيمها بوسائل خاصة • •  
ولنتأكد من أن محلولنا يحتوى على كميات مناسبة من  
الاحماض الامينية العشرين المعلمة بالكربون المشع • • اننا  
نعلم أنه لا يمكن أن تتم عملية بناء البروتين فى مثل هذا  
المحلول لانعدام وجود ح<sup>٠</sup> ر<sup>٠</sup> ن<sup>٠</sup> ( ناقل ) فيه • • اننا  
نستطيع الآن أن نضيف ح<sup>٠</sup> ر<sup>٠</sup> ن<sup>٠</sup> • صناعى معلوم التركيب  
والصفات تماما ومن نوع واحد فقط • •

دعنا نتأمل فيما حققه هذا التصميم التجريبي • •  
اننا قد تخلصنا من عدد هائل من المتغيرات هى صنوف  
الاحماض النووية وعددها كما أسلفنا يصل الى أرقام مخيفة  
• • فعدد الاحماض النووية المختلفة التى تحتوى على ١٠٠  
وحدة متتابة مثلا يصل الى ٤ أس ١٠٠ ( أى ٤ × ٤ × ٤ × ٤ •  
وهكذا مائة مرة ) • • وهو رقم يكاد يكون خياليا فى  
ضخامته • ولكن نموذجنا التجريبي يتخلص من هذا الحشد  
الكبير ، فمن الممكن فى المرة الواحدة أن نضيف حامضا  
واحدا فقط •

قد بدأ نيرنبرج وزميله باضافة ح<sup>٠</sup> ر<sup>٠</sup> ن<sup>٠</sup> • صناعى  
لا يوجد فى سلسلة قواعد المتتابعة سوى مركب قاعدى



واحد (ى) ، أى أن التوالى القاعدى فيه هو (ى - ى - ى ... وهكذا ) ثم تتبع استخدام الاحماض الامينية العشرين المعلمة فى تكوين البروتين وكان ثمار هذه التجربة الرائعة نتيجة بالغة الاهمية ٠٠ كانت بمثابة مفتاح الموقف كله ٠٠ اذ انه لم يتمكن سوى حامض أمينى واحد من العشرين حامضا أمينيا ، من الدخول الى سطح الريبوسوم وكان البروتين المتكون عبارة عن تتابع لهذا الحامض الامينى الواحد فقط ولنرمز له بالرمز ح ٠٠ أى أن التتابع الامينى لهذا البروتين الجديد هو ح ٠٠ ، ح ٠٠ ، ح ٠٠ ، وهكذا الى آخر سلسلة جزئى البروتين ٠٠ وهذا يعنى أن ح ٠٠ ر ٠٠ ن ٠٠ (ناقل) الذى يحمل ح ٠٠ يتميز بتتابع قاعدى ى - ى - ى - وهكذا ٠٠ وان هذا الحامض الناقل يتحد مع قسم من ح ٠٠ ر ٠٠ ن ٠٠ (ريبوسومى) المكون للشيفرة الهادية لمحطة وصول ح ٠٠ بمركبتها الحاملة ، هذا القسم لا بد أن يكون تتابعه القاعدى أ - أ - أ - أ - ٠٠ الخ ٠

هذه التجربة اذن تحل الموقف بالنسبة للحامض الأمينى ح ٠٠ ٠٠ وهى تعزز فكرة نوعية ح ٠٠ ر ٠٠ ن ٠٠ ( ناقل ) التى سبق أن عززناها بتجربة مختلفة ٠٠ ولكن هل نقدر على اكتشاف الشفرات الماثلة للأحماض الامينية العشرين بتجارب مماثلة ؟

من الواضح أن شيئا ما ينقصنا قبل أن نتمكن من الاستفادة الكاملة من الامكانية التى يهيئها لنا نموذجنا التجريبي الجديد ٠ فمن المستحيل بل ويكاد أن يكون من

العبث أن نستعمل الأسلوب المسحى فى هذا المجال فنجرب  
فى كل مرة اضافة نوع واحد فقط من الاحماض النووية  
الصناعية الى محلولنا ونلاحظ أى حامض أمينى من  
الأحماض العشرين هو الذى يستخدم فى تكوين البروتين ،  
فعدد هذه الأحماض النووية عدد هائل ومخيف كما أسلفنا  
ويحتاج الأمر أن يفنى عدد من الباحثين أعمارهم فى العمل  
الشاق اللازم لاتمام هذا العدد الهائل من التجارب ..

الأمر يحتاج اذن الى اعمال الفكر وللتخطيط المنطقى  
وتصميم للفروض بغرض الاقلال من هذا العدد الهائل بشكل  
جذرى .

هذه الخطوة قام بها كريك وزملاؤه فى جامعة  
كمبريدج قبل تجربة نيرنبرج وزميله وفى الواقع فان السر  
فى اختيارهما للحامض النووى الصناعى المتعدد القاعدة  
(ى) يرجع الى اهتدائهما بفروض كريك ..

### شفرة كريك الثلاثية :

ان مهمتنا تنحصر فى التعرف على صنوف محدودة  
العدد وسط الحشد الهائل من أنواع الاحماض النووية  
الذائبة فى العصير الخلوى والتعرف على الحامض الامينى  
الذى يتخصص كل فى حمله الى محطة الوصول فى جزىء  
ح . ر . ن . ( ريبوسومى ) .. دعنا أولا نخمن ما عساه أن  
يكون العدد المطلوب .

## فرانسيس كريك

ولد في مدينة نور ثهامبتون بإنجلترا عام ١٩١٦ وحصل على بكالوريوس الفيزياء من جامعة لندن عام ١٩٣٧ ولم تتج له ظروف الحرب العالمية الثانية الاستمرار في الدراسات العليا في الفيزياء وقد تحول وجهة جديدة بعد انتهاء الحرب بانضمامه الى معمل البيولوجيا الجزيئية في كامبردج ، ولم تكن لكريك في ذلك الوقت أية دراية بالعلوم البيولوجية او الكيمياء العضوية وفي خلال سنوات قليلة توصل الى اهم كشف بيولوجي في حقل البيولوجيا الجزيئية وهو تركيب جزيء ح د . ن . ب بمشاركة صديقه واطسونه وقد كان لقاؤهما عام ١٩٥١ بدء صداقة مثمرة وغنية في حياة العالمين . . . وقد توالى بحوث كريك في ميدان تركيب الفيروس وشيخرة بناء البروتين وكشف الاسس الجزيئية للطفرات الوراثية ، وقد قسام بجولات واسعة في الولايات المتحدة محاضرا وزائرا وحاز ستة جوائز علمية كبرى .

معلوماتنا حتى الآن تمكننا من أن نقدر هذا العدد بالتقريب فلدينا عشرون حامضاً أمينياً ٠٠ وكل حامض أميني ممكن أن يحمله عدد محدود من صنوف ح. ر. ن. (ناقل) ٠ هذا العدد يتراوح بين واحد بالنسبة لبعض الاحماض النووية وأربعة بالنسبة لبعضها الآخر ٠٠ أى أن صنوف الاحماض النووية الناقلة اللازمة يتراوح عددها ما بين العشرين والثمانين صنفاً فقط ٠٠ هذا العدد يكون جزءاً متناهياً في الضلالة من عدد أنواع الاحماض النووية الموجودة في العصير الخلوي ٠٠ وقد سبق أن بينا أنه لو كان طول جزيء ح. ر. ن. ١٠٠ وحدة متتابعة فائنا نستطيع بالتباديل والتوافيق بين الاربعة قواعد أ ، ي ، س ، ج ، أن نكون ٤ أس ١٠٠ صنفاً مختلفاً من هذه الاحماض ٠٠

هذا الحشد الهائل ليس من شأنه اذن أن يخيفنا الى هذا الحد وكل ما علينا أن نصوغ الفروض بفطنة لنضع أصبعنا على العدد المطلوب من الاحماض الناقلة ٠٠ هذا مثل هام للبحث المنظم عن العوامل الحاسمة من بين الحشد الهائل من المتغيرات ٠

ان العدد ٤ أس ١٠٠ يمثل كل الانماط التي يحتمل أن يكون عليها اصطفااف القواعد الاربعة على امتداد المائة مكان الذي يمكن أن توجد فيه على طول جزيء ح. ر. ن. ٠٠ دعنا نأخذ في الاعتبار أنواعاً محددة فقط من هذه الانماط من صنوف ح. ر. ن.

أحد الأنماط المحتملة هو أن تتكرر القواعد بطريقة منتظمة ، ولكن ما زال هناك عدد ضخم جدا من مثل هذه الجزئيات . . فالامر يستلزم اذن ارساء قيود أخرى غير انتظام التكرار . . ولنحصر تفكيرنا في أربعة أنواع من أنماط التكرار وهي :-

۱۔ تکرار احادی :

وذلك بأن تتكرر نفس القاعدة على طول الجزئـ مثل  
 ( أ - أ - أ - أ - أ - أ ) أو ( ج - ج - ج - ج - ج - ج ) وهكذا )  
 أو ( ي - ي - ي - ي - ي - ي ) أو ( س - س - س - س - س - س )  
 وهكذا .

ومن الواضح أنه لا توجد سوى هذه الصنوف الأربع  
التي تتبع هذا النمط التكراري ، الذي لا يعطينا اذن عددا  
كافيا من مفردات الشفرة اللازمة .

۲۔ تکرار ثنائی :

ای أن القواعد تتوالی حسب نمط تکراری وحدته  
قاعدتان مثل أج - أج .. الخ • وهکذا أو مثل یأ - یأ  
... وهکذا •

ونلاحظ أن التكرار الأحادي ممكن كتابته على شكل  
تكرار ثنائي هكذا  $11 - 00$  وهكذا  $01 - 11$  وهكذا  $00$

ومن المعلوم حسابيا أننا نستطيع أن نكون ١٦ زوجا مختلفا بالاختيار من بين أربع قواعد مختلفة لو اعتبرنا أن أج مثلا تختلف عن جأ ..

والعدد ١٦ يقربنا من العدد المطلوب ولكنه يقل عنه ، فلا بد من وجود عشرين نمطا على الأقل ..

### ٣ - تكرار ثلاثي :

وهو يكون تتابعا تكراريا من وحدات يتكون كل منها من ثلاث قواعد مثل :

أجى - أجى - أجى ... وهكذا

أو مثل ججس - ججس - ججس .. وهكذا .

ان عدد الأنماط المختلفة ذات الشفرة الثلاثية التي يمكن تكوينها باستخدام قواعدنا الأربعة هو ٦٤ وهو عدد مناسب تماما فهو يقع بين ٢٠ ، ٨٠ ونلاحظ أن الشفرة الأحادية يمكن كتابتها على شكل ثلاثي مثل أ أ أ - أ أ أ ... وهكذا .

### ٤ - تكرار رباعي :

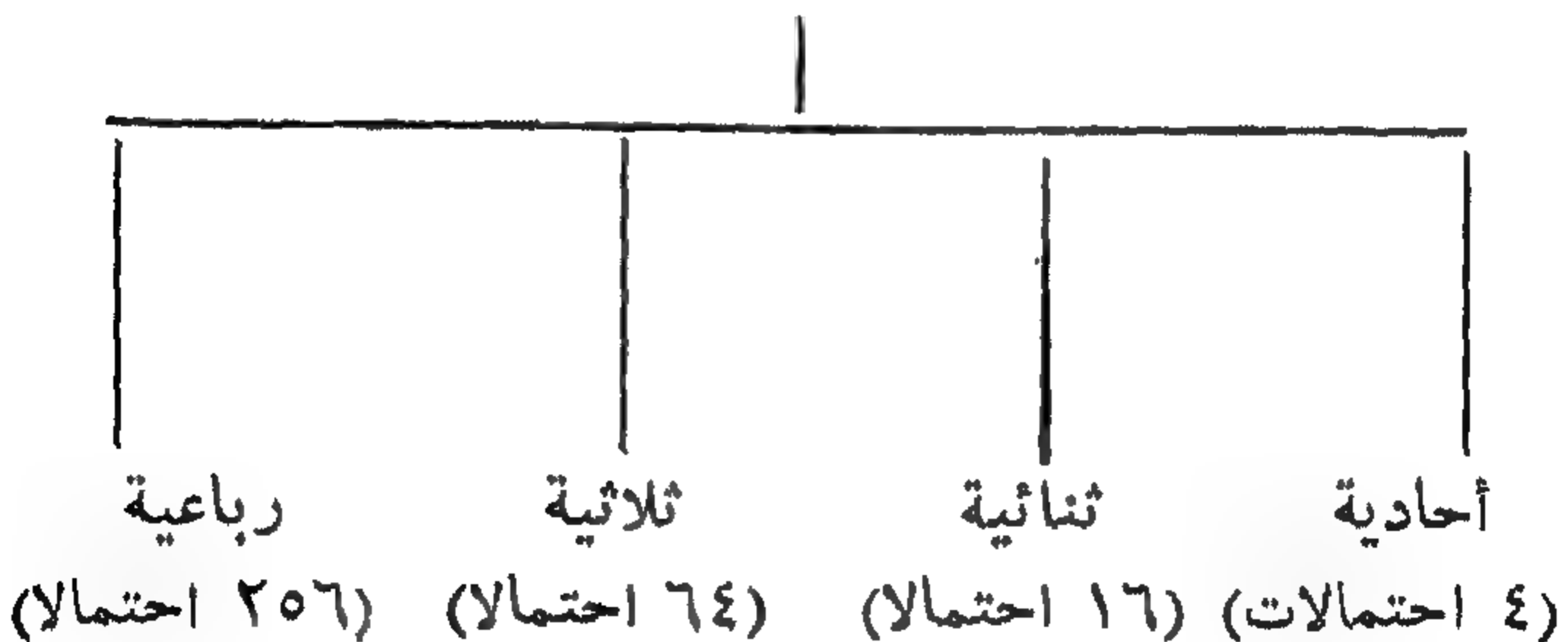
وهو تكرار وحدات كل منها يتكون من أربع قواعد مثل أجىس - أ جىس - أجىس  
مثل أ جىس - أ جىس - أ جىس وهكذا .

وعدد الأنماط المختلفة التي يمكن أن تكونها بهذه الطريقة يبلغ ٢٥٦ نمطا ومن الواضح أن هذا العدد يفوق بكثير العدد الذي نسعى اليه .

ومن الجائز أن نستمر هكذا في زيادة عدد القواعد في كل وحدة تكرارية فيمكننا التفكير في شفرة خماسية وستاسية ٠٠٠ الخ ٠٠٠ ولكن عدد الأنماط سيتزايد بسرعة كبيرة ويرجعنا بسرعة الى موقفنا الأصلي الزاخر بالأنماط ٠٠٠

لهذه الاعتبارات النظرية التي سقناها ، اقترح كريك أن الشفرة اللازمة يحتمل تماما أن تكون شفرة ثلاثية لأنها تعطينا عددا مناسباً للغاية وقريبا من الحدود التي نحتاج اليها ٠٠٠ وقد كنا نستطيع أن نبني مناقشتنا على أساس شجرة احتمالية على النحو التالي : -

### الشفرة التكرارية





ولكن المساحة المتاحة لنا على هذه الصفحة لا تسمح  
بامتداد فروع الشجرة أكثر من الفروع الأولية المذكورة والا  
أصبحت شجرة شديدة الكثافة للغاية .

### الدلائل التجريبية على ثلاثية الشفرة :

لم يقتصر كريك على تقديم فرض الشفرة الثلاثية بل  
انه قد قام أيضا بالتحقيق التجريبي لهذه الثلاثية مشتركا  
في هذا مع بارنين وبرينر ودانس ونوبين عام ١٩٦١ .  
استخدم كريك وزملاؤه في تجاربهم مركبات كيميائية  
خاصة. من شأن استعمالها أن يؤدي إلى اضافة أو حذف  
احدى القواعد الأربعة من جزئ ح . ر . ن أو ح . د . ن  
فلو كان التتابع القاعدى على طول الحامض ممثلا بالتتابع .  
أ ج س أ ج س أ ج س أ .

ولو أننا حذفنا القاعدة س الأولى فى هذا التتابع فانه  
يصبح :

أ ج أ ج س أ ج س .

فما تأثير هذا على الشفرة ؟ ان ذلك يتوقف على عدد  
مفردات الشفرة فلو كانت الشفرة أحادية مثلا فسيقتصر  
تأثير الحذف على حامض أمينى واحد هو الذى يشغل هذا  
الموضع فقط وان كانت الشفرة ثنائية فان تأثير هذا  
سيكون بالغا وسيمتد لمسافة طويلة على طول الجزئ كما  
يتضح مما يلى :

الشفرة الثنائية قبل الحذف أج ، سأ ، جس ، أج ،  
• سأ

الشفرة الثنائية بعد الحذف : أج ، أج ، سأ ، جس ،  
• أج

وبالمثل لو كانت الشفرة ثلاثية فان حذف القاعدة (س)  
سيؤدي الى تغير الشفرة تغييرا كليا •

الشفرة الثلاثية قبل الحذف : أجس ، أجس ، أجس •

الشفرة الثلاثية بعد الحذف : أجأ ، جسأ ، جس أ •

ماذا يحدث لو أننا حذفنا قاعدتين متتاليتين س و أ ؟  
ان ذلك أيضا يتوقف على عدد مفردات الشفرة فلو كانت  
أحادية فان الاختلال سيكون قاصرا على موضعين فقط أما ان  
كانت ثنائية فالخلل سيكون قاصرا على موضع واحد :

الشفرة الثنائية قبل الحذف : أج ، سأ ، جس ، أج ،  
• سأ

الشفرة الثنائية بعد الحذف : أج ، ، جس ،  
• أج ، س أ

ولكن حذف قاعدتين سيكون له بالغ الأثر في حالة  
ثلاثية الشفرة :

الشفرة الثلاثية قبل الحذف : أجس ، أجس ، أجس ،  
• أجس

الشفرة الثلاثية بعد الحذف : أج ج ، س أج ، س أج ،  
س أج \*

اما بعد حذف ثلاث قواعد فان الشفرة الأحادية  
ستتأثر فى هذه المواضع الثلاثة فقط ومن السهل أيضا أن  
نرى أن الشفرة الثنائية ستتغير تماما \*

أما فى حالة الشفرة الثلاثية فسيقتصر التغير على  
موضع واحد فقط :

الشفرة الثلاثية قبل الحذف : أج س ، أج س ، أج س  
الشفرة الثلاثية بعد الحذف : أج ج ، أج س ، أج س

ان النتائج التى حصل عليها كريك قد دلت بالفعل  
على أن حذف قاعدة واحدة أو قاعدتين متتاليتين كان له  
تأثير بالغ على الشفرة على حين أن حذف ثلاث قواعد كان  
تأثيره قاصرا على مكان واحد فقط مما يؤكد ثلاثية الشفرة \*

ان هذا النمط التجريبي يمثل أسلوبا فريدا لاختبار  
الفرض بشكل تتابعي وتصاعدي دون ترك ثغرات فى  
النسيج المنطقي لهذه الاحتمالات وهو أسلوب من الممكن أن  
يستخدم على نطاق واسع فى مجالات أكثر تعقيدا \*

فنحن الآن مستعدون للعودة الى نموذج نيرنبرج  
وميتهاى لنكرر تجاربهما مستخدمين أحماضا نووية صناعية  
ذات تتابع تكرارى ثلاثي ولنضيف الى نموذجنا التجريبي  
حامضا واحدا فى التجربة الواحدة ولنلاحظ أيا من الاحماض

الأمينية العشرين يقدر على دخول الريبوسوم ليساهم في  
بناء جزيء البروتين •

أن الأمر لم يعد عسيرا بعد أن اقتصر على الأربعة  
والستين حامضا نوويا ذات التابع الثلاثي • وبهذه الطريقة  
المنظمة تمكنت مجموعات الباحثين من التعرف على الشفرة  
كاملة للعشرين حامضا أمينيا وذلك في الفترة من ١٩٦١  
الى ١٩٦٦ الأمر الذي لم يكن ممكنا بدون تعيين عدد مفردات  
الشفرة •

ان الطريق الى هذا يعد مثالا واضحا للبحث المنظم عن  
العوامل الحاسمة وسط بحور المتغيرات التي يحويها الواقع  
البيولوجي •

## الفصل الخامس

# استمرار الذات البيولوجية

لعل من المفيد لنا الآن أن نسترجع بعض الحقائق التي اكتسبناها في الفصول السابقة قبل أن نستأنف رحلتنا .

إننا نعلم أن جزيء  $\text{R} \cdot \text{N} \cdot$  ( ريبوسومي ) يحتوى على شفرة كاملة لبناء جزيء البروتين ، كما أننا نعلم أن كل نوع من أنواع البروتين يتميز بطول ثابت لجزيئاته وكذلك بتتابع دقيق للأحماض الأمينية المكونة له وذلك يستلزم أن تكون لكل فصيلة من فصائل البروتين شفرة خاصة به تتكون من تتابع تكرارى لثلاث من القواعد تمتد على طول جزيء  $\text{H} \cdot \text{R} \cdot \text{N} \cdot$  ( ريبوسومي ) خاص بهذا النوع بالذات ، وهذا التتابع التكرارى يضمن وصول الأحماض الأمينية التي تنقلها جزيئات  $\text{H} \cdot \text{R} \cdot \text{N} \cdot$  ( ناقل ) إلى أماكنها على سطح الريبوسوم ، حيث أن لكل حامض أمينى عددا محدودا من الجزيئات الناقلة تختص بنقله إلى القسم من جزيء  $\text{H} \cdot \text{R} \cdot \text{N} \cdot$  ( ريبوسومي )

المحتوى على التتابع القاعدى المكمل لقواعده

ان استمرار الخلية فى تكوين جزيئات بروتين معين يعتمد على قدرتها على الاحتفاظ بطول هذا الجزيء وبتتابع أحماضه الأمينية وذلك يعنى بدهة ضرورة استمرار وجود الشفرة الثلاثية على طول جزيء ح<sup>+</sup> ر<sup>+</sup> ن<sup>-</sup> (ريبوسومى)

وقد يكون من المفيد ان نستعين بمثل ، وليكن ذلك مركب الهيموجلوبين فنحن نعلم أنه المركب الرئيسى لخلايا الدم الحمراء وتتكون جزيئاته من قسمين أكبرهما بروتين وهو القسم الذى يعيننا هنا ، وللهيموجلوبين عدة فصائل تختلف باختلاف هذا القسم البروتينى ، وتنتمى الغالبية العظمى من جزيئات الهيموجلوبين فى دم البالغين الى فصيلة واحدة . ويتكون جزيء البروتين فى أى من هذه الفصائل من سلسلتين تتكون كل منهما من تتابع حوالى ١٥٠ حامضاً أمينياً ، الواحد تلو الآخر فى نظام ثابت يمين كل فصيلة عن غيرها ، ويستمر الفرد البالغ فى تكوين نفس جزيء البروتين طوال سنين عمره دون تبديل أو تغيير مما يدل على وجود شفرة شديدة الاحكام فالأمر لا يَحتمل غير ذلك فقد يكفى حدوث خطأ طفيف فى التتابع الأمينى لأن يكون جزيء الهيموجلوبين الناتج من نوع يسبب وجوده أمراضاً بالغة الخطورة . . وليس الأمر قاصراً على الهيموجلوبين فان الكثير من البروتينات المختلفة تعتمد خصائصها الحيوية على تركيبها ولذا فانه من اللازم لنا الآن أن نطرح مسألة استمرار

الشفرة وثباتها للبحث • فندرس معا كيفية استمرار تكون الأنماط المختلفة من جزيئات البروتينات • ومن الواضح اننا لا بد وأن نستعين بمنهج علمي كفاء لكي نستطيع أن نتناول هذه المسألة الأساسية تناولا يمس سرا رائعا من أسرار نشاط الخلية الحية •

### **أولى الخطوات : استعراض للحقائق :**

ان أولى خطواتنا يجب أن نتناول عرضا لأهم الحقائق العلمية المعروفة لدينا مما قد تكون لها علاقة بمسألة استمرار الشفرة ولندكر هنا عددا منها :

**الحقيقة الأولى :** خلايا أجسامنا تتجدد باستمرار بمعنى أن عددا منها يفنى ويستهلك كل يوم وأن هذا العدد يستبدل بخلايا جديدة تنتج من انقسام الخلايا القديمة ، فمن المعلوم مثلا أن خلية واحدة تقريبا من كل مائة خلية دم حمراء تموت كل يوم وأن الخلايا المستهلكة تستبدل بعدد مماثل ينتج عن انقسام خلايا النخاع العظمى المتخصصة في تجديد خلايا الدم الحمراء • وعملية التجديد هذه لا يقتصر أمرها على الخلايا ككل بل أنه من الممكن أن تجدد الخلية بعض مكوناتها مثل حبيبات الريبوسوم فمن السهل أن ندلل تجريبيًا على أن الريبوسومات المستهلكة تحل محلها ريبوسومات حديثة التكوين ، بل ويمتد التجديد هذا الى المستوى الجزيئي أيضا فجزيئات الكثير من البروتينات مثلا يستمر وجودها لفترات محدودة تطول أو تقصر ، ثم تنحل لتستبدل



# شكل (٧)

XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX

XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX

XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX

٢٣ زوجا من الكروموسومات التي تميز جنس الانثى

جسم الانسان

بجزيئات جديدة من نفس النوع ، وينطبق هذا أيضا على  
الأحماض النووية بصنوفها المتعددة

**الحقيقة الثانية :** تمثل نواة الخلية الحيوانية جهاز  
الانقسام والوراثة . وتتكون النواة من عدد من القضبان  
القصيرة تسمى بالكروموسومات وهي ذات عسدد ثابت  
وأشكال ثابتة تميز الكائن الحي ويبلغ هذا العدد في  
خلايا الانسان مثلا ٢٣ زوجا كما هو مبين في شكل (٧) .  
وعند انقسام الخلية الجديدة الى خليتين ينقسم كل  
كروموسوم طوليا الى قسمين متشابهين تماما يتجه كل  
قسم منهما الى احدى الخليتين الجديدتين وتحمل  
الكروموسومات جهاز الوراثة الذي يتحكم في الصفات  
الظاهرة والباطنة للكائن الحي ، ومن المعلوم أن لكل صفة  
من الصفات الوراثية موصفا خاصا في الكروموسوم يسمى  
« جين » يسيطر على النشاط الحيوي اللازم لظهور الصفة  
الوراثية ويحمل كل كروموسوم عددا ضخما من الجينات  
وهي مسئولة عن آلاف الصفات التي تكون في مجموعها  
ما أسميناه « بالذات البيولوجية » .

**الحقيقة الثالثة :** أن وجود نواة الخلية الحيوانية  
أساسي لاستمرار عملية بناء البروتين في الخلية وذلك  
واضح في حالة خلايا الدم الحمراء فانها تستمر في بناء  
جزء الهيموجلوبين أثناء الطور الذي يكون لها فيه نواة  
وهي تقضى معظم هذا الطور داخل النخاع العظمى وعند  
اكتمال نضوجها تنحل النواة وتختفى وعندئذ تفقد قدرتها

على بناء جزيئات الهيموجلوبين .

وتتضح لنا من ذلك حقيقة جوهريّة ستكون مفتاحا لما سيلى من فروض عملية ، وهى الارتباط الوثيق بين جهاز الوراثة المتمركزة فى النواة وبين جهاز بناء البروتين فوق حبيبات الريبوسوم . ان تلك الصلة يقدمها لنا الفرض العلمى الذى قدمه يعقوب ومونود عام ١٩٦١ ، بتقديمهما لفكرة وجود ح . ر . ن . ( الرسول ) .

ح . ر . ن . ( الرسول ) :

وجود هذا الجزيء هو المحتوى الرئيسى لفرض يعقوب ومونود وينص هذا الفرض على أن جزيء ح . ر . ن . ( رسول ) يتكون فوق سطح الكروموسوم داخل نواة الخلية وان ذلك يتم فى موضع يحتوى على « جين » معين عليه جزيء ح . د . ن . يحمل النسخة الأصلية من شفرة تكوين جزيء بروتين معين أى أن لكل بروتين « جين » خاص به يحمل النسخة الأصلية من شفرة تكوينه على شكل جزيء ح . د . ن . وهذا الجزيء لا بد وأن يكون قادرا على تكوين جزيئات ح . ر . ن . ذات تتابع قاعدى مكمل له وسنسمى هذا الجزيء بالرسول ذلك أن الفرض ينص على أنه يخرج من النواة ويتجه الى احدى حبيبات الريبوسوم حيث يستقر فوقه ليكون ما عرفناه باسم ح . ر . ن . ( ريبوسومى ) . . . كما أن يعقوب وزميله رأيا أنه من المناسب أن يفترض أن عمر جزيء ح . ر . ن . ( ريبوسومى ) ينتهى بانتهاء تكون جزيء من البروتين عليه فينحل ليترك

مكانه شاغرا فوق سطح الريبوسوم ليستقر عليه رسل  
جدد . . . . وشكل (٨) يلخص لنا الصورة الكاملة لعملية  
بناء وتحكم ح . د . ن فيها .

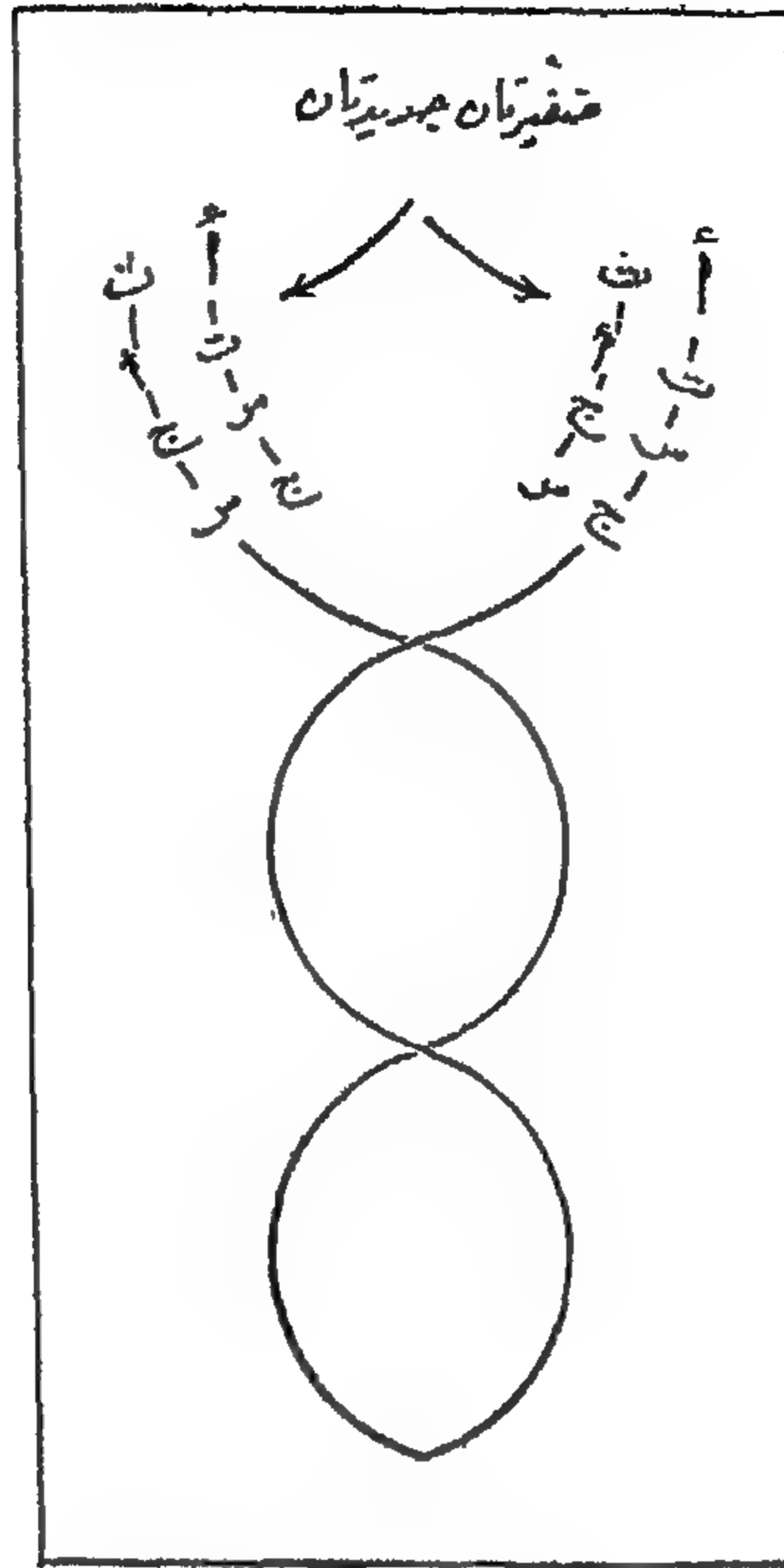
دعنا نتأمل هذا الفرض بما يحتوي من مقولات ،  
يكن تأملنا في ضوء مجموعات الحقائق الثلاث التي  
ردناها . ان هذه الحقائق تشير على حتمية وجود جهاز  
حكم في نوع انتاج البروتين لاستبدال الجزيئات  
استهلكة ، ولابد وأن يكون هذا الجهاز قادرا على تكوين  
هزة مماثلة له تماما عند انقسام الخلية بحيث تستمر  
خلايا الجديدة في تكوين نفس صنوف البروتين التي  
ونها الخلايا الأم لضمان استمرار الذات البيولوجية .  
لفرض يضمن لنا هذا الاستمرار فهو ينص على وجود  
سجدة الأصلية من الشفرة في الجين على شكل جزئ  
ح . د . ن . ولهذا الجزئ من الصفات ما يؤهله لذلك  
و جزئ طويل للغاية يحتوي في المتوسط على ٢٠٠٠  
حدة تتتابع على طول الجزئ على النحو الذي سبق أن  
يناه ، وكل وحدة تحتوي على إحدى القواعد الأربع ،  
و اذن يتميز بالتنوع العظيم لجزيئاته بحيث أنه ليس  
، العسير أن نتصور وجود عدد كاف من النسخ الأصلية  
مفرات العدد الضخم من جزيئات البروتين الذي تحتويه  
إليا جسمنا ، ونستطيع كذلك أن نتصور أن جزئ  
ح . د . ن . يحمل الشفرة اللازمة لتكرار نفسه وبناء  
جزئ ح . د . ن . مماثل له تماما ، ويرجع الفضل في



ذلك الى وجود ضفيرتين مكونتين لجزيئته ، ويبدأ ذلك بانقطاع الوصلات المستعرضة التي تصل الضفيرتين على النحو المبين فى شكل (٩) . وليس من الصعب علينا أن نتصور أن عملية الانقسام هذه تصاحب عملية انقسام الخلية الى خليتين وأن كل ضفيرة تتجه نحو احدى الخليتين الجديدتين ، وأن الضفيرة الواحدة قادرة على أن تكون ضفيرة ثانية وذلك بأن تجذب قواعد المتتالية القواعد المكملة لها والموجودة فى حالة طليقة فى العصير السائل الذى تحتويه نوايا الخلايا الجديدة ، وذلك بأن تجذب القاعدة أ القاعدة ت أما القاعدة س فتجذب اليها القاعدة ج . . . وبذلك يتكون جزيء ح . د . ن . فى كل من الخليتين الجديدتين ذو ضفيرتين مماثلتين تماما للجزيء الأصلي . . ولو أردنا تلخيص ذلك فلعله من المفيد أن نقول بأن « الانقسام الخلوى يصاحبه انقسام جزيئى » .

ان ذلك التصور يضمن لنا استمرار وجود الشفرة الأصلية وتجدها وانتقالها من جيل الى جيل من الخلايا ومناسب تماما لحاجتنا الى وجود هذا الجهاز .

والفرض يقرر كذلك أن النسخة الاصلية من الشفرة توجد فى المواضع التى سمينها بالجين ، وهى تحمل الصفات الوراثية . ومن السهل علينا اثبات هذا الارتباط فقد ذكرنا فى الفصل السابق أن هناك مركبات كيميائية قادرة على أحداث تغييرات فى التتابع القاعدى للاحماض



شكل (٩)

انقسام صفيرتي جزىء ح ٠٠٠ ن الذى يصاحب  
 انقسام الكروموسوم ويبدأ بزوال الوصلات المستعرضة  
 ثم تتكون صفيرة جديدة على سطح كل صفيرة ذات  
 تتابع قاعدى مكمل لقواعدها وبذا يتكون جزىء جديد هو  
 صورة طبق الأصل من الجزىء القديم .



النووية وذلكى بأن نضيف قاعدة جديدة، أو تحذف احدى القواعد فى موضع أو أكثر على طول جزيئات الحامض النووى . . ولو استخدمنا هذه المركبات بقدر محسوب فأننا نستطيع أن نحدث تغييرات فى التسابع القاعدى للأحماض النووية المكونة للجين . وقد استخدم كريك هذه المركبات لتغيير الجين وتعديل تركيبه وأدى ذلك بالفعل الى تغيير شفرة تكوين البروتين . . وقد سبق لنا أن استعنا بهذه المركبات لاثبات ثلاثية الشفرة فى الفصل السابق .

ومن السهل كذلك أن نورد بعض الأدلة الأخرى لارتباط النسخة الأصلية من الشفرة بجهاز الوراثة ، ونستطيع أن نستعين هذه المرة بمثل الهيموجلوبين ، فمن المعلم لدينا أن ثمة أمراضا وراثية تؤدي الى تكوين جزيئات غير عادية من الهيموجلوبين وهذا الشذوذ الوراثى ممكن ربطه بوجود جين خاص فى موضع معين فى أحد الكروموسومات ، وبعض هذه الجزيئات الشاذة يختلف تركيبها اختلافا طفيفا عن الجزيئات العادية مثل أن يستبدل حامض أمينى معين بحامض آخر فى احدى المواضع ، وذلك يعنى أن شفرة بناء الهيموجلوبين الشاذ مرتبطة بوجود نسخة أصلية من الشفرة الشاذة فى جين معين مما يضمن استمرار تكوين الهيموجلوبين الشاذ بواسطة الخلايا الجديدة الناتجة عن انقسام الخلايا القديمة كما يضمن توريث هذا الشذوذ من جيل الى آخر .

وبالتأمل فى فرض يعقوب ومونود مرة أخرى نرى

أنه من اللازم أن يحتوي الجين على جزيئات ح . د . ن . ذات تنابع قاعدى مكمل لتتابع قواعد جزيء ح . ر . ن . (رسول) الذى يحمل الشفرة . وقد تمكن عدد من الباحثين من اثبات وجود هذه الجزيئات واستخدموا فى ذلك نموذجا تجريبيا بسيطا : فمن المعروف أن البكتريا لا تحتوى خلاياها على نواة بل أن جهاز الوراثة فيها يختلط فى جسم الخلية بجهاز بناء البروتين ، أما جهاز الوراثة فتمثله جزيئات ح . د . ن . السابحة فى العصير الخلوى ، وتحتوى الخلية على ريبوسومات تتكون على سطحها جزيئات البروتين تماما كما يحدث فى الخلايا المحتوية على نواة . وقد تمكن الباحثون من فصل جزيئات ح . د . ن . ذات تركيب قاعدى مكمل لقواعد جزيئات ح . ر . ن . ، ولكن وجود مثل هذه الجزيئات فى الخلايا الحيوانية ذات النواة ليس بالامر القاطع وإذا فإن فرضنا بوجود جزيء ح . ر . ن . (رسول) فى الخلايا الحيوانية ما زال فى مرحلة الفرض العلمى ، إلا أن سلامته العلمية كفرض تستمد وجودها من العديد من الشواهد التجريبية التى «لا تتناقض» معه بالرغم من أنه من السهل أن نرى أن من بين النتائج المحتملة منطقيا لتجاربنا مايمكن أن يدحض الفرض وذلك يضيف صفة السلامة العلمية على فرضنا كما سبق أن اتفقنا

ان آخر محتويات الفرض تقرر أن جزيء ح . ر . ن . الرسول يستقر على سطح الريبوسوم وأن عمر هذا الجزيء ينتهى بانتهاء تكوين جزيء واحد من البروتين ثم ينحل ويترك

مكانه شاغرا ليستقر عليه الرسل الجدد . . ان هذا القسم من الفرض يعنى أن تكوين جزيء واحد من البروتين يؤدي الى استهلاك جزيء ح . ر . ن . ( رسول ) بعد استقراره على سطح الريبوسوم . وهذا يعتبر معدلا عاليا من الاستهلاك ويعنى أن الخلية لابد وأن تكون قادرة على تكوين العدد الهائل من الأحماض النووية الرسول اللازمة لتكوين ملايين جزيئات البروتين التي تكونها الخلية كل يوم ، ومن الثابت بالفعل أن الخلية الحية قادرة على تجديد أحماضها النووية من نوع ح . ر . ن . بسرعة فائقة ، بحيث تقدر على تزويد جهازها البنائي بعدد كاف منها وذلك يتفق مع افتراض استهلاك الحامض النووي فور اتمام بناء جزيء البروتين .

### الاستمرار لا يعنى الجمود :

ان الصورة التي لدينا الآن للذات البيولوجية تشمل ما يضمن استمرارها فجهاز الانقسام يكرر شفرة البناء لدى انقسام الخلية ، وهذه الشفرة تنتقل أيضا من جيل الى الجيل التالي له لارتباط وجود الشفرة بجهاز الوراثة . . هذا كله جميل ورائع ولكنه خليق بأن يثير فى العقول المتسائلة بعض القلق فهذا الثبات قد يوحى الينا بالجمود وبأنه لا جديد تحت الشمس ما دام النشاط البنائي يسير حسب أنماط ثابتة تتحكم فيها شفرة قادرة على أن تكرر نفسها جيلا بعد جيل ، وقد تبدو هذه الصورة متناقضة مع ما نعلمه من قدرة الكائن الحى على التغيير والنمو والتلاؤم مع البيئة

والقدرة على اكتساب قدرات وخصائص جديدة وقد كان  
تُمار هذا كله ما نعلمه من تطور الكائنات الحية وارتقائها  
على مدى الزمن والاجيال . .

علينا الآن أن نواجه هذا التناقض بين مقتضيات  
استمرار الذات البيولوجية في الأمد القصير خلال الأيام  
والشهور وبين ضرورات النمو والارتقاء والتطور على المدى  
الطويل الممتد على طول أعمار الافراد والاجيال ، ولا بد من  
أن نبحث في أجهزتنا البيولوجية عما يسمح بحل التناقض  
بين ضرورات البناء والاستمرار وحتمية التغيير الذى تفرضه  
ظروف البيئة ، هذا التناقض الذى يمثل واقعا بيولوجيا  
فريدا كشفت أسرارته فى الأعوام الاخيرة ، ونحتاج لمواجهة  
هذا التناقض الى طرح بعض الاسئلة التى تمس هذا الجانب  
الهام من النشاط البيولوجى ، ولعله من المفيد أن تكون أولى  
أسئلتنا : هل من الممكن استحداث شفرة جديدة ؟ لأن هذا  
السؤال يشير مشكلة امكانية قيام نشاط بنائى من نوع  
جديد لم يكن موجودا من قبل فى الخلية أو فى أسلافها ،  
فاستحداث نوع جديد من النشاط يستلزم وجود شفرة  
هذا البناء ، فان كانت اجابتنا عن هذا السؤال ايجابية  
فذلك خلىق بأن يزيل الكثير من أسباب القلق التى ساورتنا  
عندما واجهتنا حقائق استمرار الذات البيولوجية . ودراسة  
عمليات استحداث نشاط بنائى جديد تمثل فصلا مشيرا من  
دراسات البيولوجيا الجزيئية ، وقد تمت معظم هذا  
الدراسات باستخدام نماذج تجريبية مبسطة ممثلة فى أنواع

معينة من البكتريا • وقد سبق لنا أن عرفنا أن جهاز الوراثة في هذه الكائنات يختلط بالجهاز البنائي في أجسامها ، ولدى الباحثين اليوم العديد من المركبات الكيميائية التي يؤدي تعريض هذه الكائنات لها بقدر محسوب الى استحداث عمليات كيميائية جديدة في أجسام هذه الكائنات لم تكن لها القدرة على القيام بها من قبل ، ان أهم ما يستحدث نتيجة لذلك هو قدرة الخلية على تكوين الخمائر والعوامل المساعدة اللازمة لهذا النشاط البنائي الجديد ، وهذه الخمائر ان هي في واقع الامر الا بروتينات يلزم لتكونها وجود شفرة خاصة بها •• فهل يؤدي ظهور النشاط البنائي الجديد بالفعل الى استحداث شفرة جديدة ؟

نحن نعلم أن وجود هذه الشفرة يرتبط بوجود جين معين أي يحتاج الى جزيء ح • د • ن • يحمل النسخة الأصلية للشفرة ويكون جسم الجين •• ولنقم الآن بتجربة صغيرة • تبدأ بتعريض مجموعة من البكتريا من نوع مناسب لمادة من المواد القادرة على استحداث نشاط كيميائي جديد ، وسنلاحظ أن النشاط البنائي الجديد سينتقل الى ذرية هذه البكتريا مما يدل على ارتباط النشاط البنائي الجديد بجهاز الانقسام والوراثة •

دعنا الآن نستخلص من أجسام هذه البكتريا الأحماض النووية من نوع ح • د • ن • الذي نعلم أنه يحمل

النسخ الأصلية من شفرات بناء فصائل البروتينات المختلفة، ودعنا نعرض خلايا بكتريا لم يسبق تعرضها للمواد المستحدثة لهذه الاحماض النووية . ان ما سيحدث عندئذ يتوقف على انتشار الاحماض النووية الى داخل خلايا البكتريا واختلاطها في عصير خلاياها بما يحتوى من مركبات ، فان كانت هذه الاحماض تحمل شفرة بناء البروتينات الجديدة فسرعان ما ستتكون جزيئات ح . ر . ن . (رسول) ذات تتابع قاعدى مكمل لجزء ح . د . ن . حامل النسخة الأصلية ، وان هى الا لحظات وينتقل الرسول الى الريبوسوم ليستقر فوقه لبناء جزيئات بروتين من نوع لم يسبق للخلية بناء مثله .

ماذا تعنى هذه النتيجة ؟ ان أهم ما تعنيه هو زيادة التأكيد على ما يجمع جهاز البناء وجهاز الوراثة من صلات ، فانه يكفى وجود الجين الخاص بنشاط معين لكى يتبع هذا وجود الظروف الاخرى اللازمة لاتمام عملية البناء ، كما يعنى أيضا امكانية استحداث نشاط جديد فى الخلية باستحداث جين يحمل شفرة عملية البناء الجديدة وقادر على تكوين رسل هذا النشاط الى حبيبات الريبوسوم ، وظهور هذا الجين الجديد هو ما يسميه علماء الوراثة بالطفرة الوراثية . هذه النتيجة خلقة بأن تزيل صفة الجمود عن الذات البيولوجية ، وهى ليست مجرد نتيجة حصلنا عليها باستخدام نموذج مبسط معين بل ان لها دلالة بيولوجية عميقة فى حياة الكائنات الحية التى تتعرض فى حياتها اليومية لعشرات ومئات المؤثرات القادرة على

أحداث الطفرات والتي تؤدي الى ظهور جينات جديدة منها ما يساعد الكائن على البقاء في عالمه المتغير ومنها ما يساعده على مقاومة ما يستجد في وسطه من ظروف معادية \* ومن الظواهر الشهيرة لذلك اكتساب بعض البكتريا القدرة على تحطيم المضادات الحيوية مثل البنسلين والستربتوميسين وغيرهما ، فوجود مثل هذه المركبات يعتبر بالنسبة لعالمها بمثابة الكوارث والقوى المعادية تسقط أول الأمر لها الضحايا والقتلى ، ولكن يظهر بالتدريج جين جديد في أجسام هذه الميكروبات نتيجة لتعرضها للمضادات الحيوية، وظهور هذا الجين يؤدي الى تكوين الأنزيمات التي تسبب تحطيم المضادات الحيوية وإبطال مفعولها ، وتنتقل هذه الجينات من جيل الى جيل \* وفي استطاعتنا أن نكرر تجربتنا الأخيرة وأن ننقل هذه القدرة الى البكتريا التي لم يسبق لها التعرض للمضادات الحيوية بأن نعرضها للأحماض النووية من نوع ح \* د \* ن \* مستخلصة من بكتريا سبق لها أن اكتسبت القدرة على المقاومة ، هذا التعريض يكفي تماما لأن يستحدث في أجسام البكتريا الحماثر اللازمة لتحطيم المضادات الحيوية \* \* \* وما ينطبق على عالم البكتريا يسرى على غيرها من عالم الكائنات الحية بما فيها الانسان \*

فاستمرار الذات البيولوجية اذن لا يعنى جمود الحياة أو ثباتها ففي أعماق كل منا السر الإلهي الخالد المتقدم والارتقاء والتطور \*





# فهرست

الموضوع	الصفحة
تقديم	٣
<b>الفصل الاول :</b>	
البحوث البيولوجية بين المنهج والتكنيك	٧
<b>الفصل الثانى :</b>	
الذات البيولوجية	٣٢
<b>الفصل الثالث :</b>	
الاساس الجزيئى للذات البيولوجية (١) . ( بناء جزيء البروتين )	٥٩
<b>الفصل الرابع :</b>	
الاساس الجزيئى للذات البيولوجية (٢) ( شفرة بناء جزيء البروتين )	٩٠
<b>الفصل الخامس :</b>	
استمرار الذات البيولوجية	١٠٧

دار الكاتب العربي للطباعة والنشر  
بالقاهرة





## ملتزم التوزيع في الجمهورية العربية المتحدة وجميع أنحاء العالم الشركة القومية للتوزيع

### مكتبات الشركة بالجمهورية العربية المتحدة

١ - فرع شريف	٣٦ شارع شريف	القاهرة ٤٠٠١٢
٢ - فرع ٢٩ يوليو	١٩ شارع ٢٩ يوليو	القاهرة ٥٥٠٣٧
٣ - فرع ميدان عرابي	٥ ميدان عرابي	القاهرة ٤٦٣٨٣
٤ - فرع الميدان	١٣ شارع محمد عبد العزيم	القاهرة ٢١١٨٧
٥ - فرع الجمهورية	٢٧ شارع الجمهورية	القاهرة ٩١٠٧٤٦
٦ - فرع طابري	١٤ شارع الجمهورية	القاهرة ٩١٤٢٢٣
٧ - فرع الحسين	ميدان الحسين	القاهرة
٨ - فرع العيزة	١ ميدان العيزة	القاهرة ٨٩٨٣١١
٩ - فرع أسوان	السوق السياسي	أسوان ٢٩٣٠
١٠ - فرع الإسكندرية	٤٩ من سعد زعزل	الإسكندرية ٢٥٩٢٥
١١ - فرع طنطا	ميدان الساعة	طنطا ٢٥٩٤
١٢ - فرع المنصورة	ميدان المحطة	المنصورة
١٣ - فرع أسيوط	شارع الجمهورية	أسيوط

### مراكز وكلاء الشركة خارج الجمهورية العربية المتحدة

١ - مركز توزيع الجزائر	شارع بي ميمدي العربي رقم ١٦ مكنة	الجزائر
٢ - مركز توزيع لبنان	شارع دمشق	بيروت
٣ - مركز توزيع العراق	ميدان التحرير	بغداد
٤ - عبد الرحمن الكيلاني	شارع ٢٩ آذار - دمشق	دمشق
٥ - الشركة العربية للتوزيع	من - رقم ٤٢٢٨ بيروت	لبنان
٦ - فاسم الوجيب	مكتبة المنى - بغداد	العراق
٧ - رضا الميسى	وكالة التوزيع - عمان	الأردن
٨ - عبد العزيز الميسى	شارع التوزيع من ب ١٥٧١	الكويت
٩ - وكالة المطبوعات	الكويت	السعودية
١٠ - مكتبة الوحدة العربية	شارع عمرو بن العاص - ليبيا	بنغازي
١١ - محمد شيم الخرماني	شارع عمرو بن العاص	طرابلس
١٢ - الشركة الوطنية للتوزيع	شارع الرشيد	تونس
١٣ - وكالة الإهرام	الملاح - الخليج العربي	مصر
١٤ - المكتبة الوطنية	من - ب ٤٢ و ٦٤	البحرين
١٥ - مكتبة المرونة	المكتبة الأعلى من - ب ٢٦١	الدوحة
١٦ - عبد الله حسن الرشدي	من - ب ٢٧	دبي/عمان
١٧ - المكتبة الحديثة	المكتبة الوطنية من - ب ٢٥	مسقط
١٨ - أحمد سعيد حنظل	شارع عبد المنى ميدان التحرير	الكلاب
١٩ - مكتبة دار القلم	من - ب ٨٢	صالح
٢٠ - علي إبراهيم شبيب	من - ب ١٧١٤	أسرة
٢١ - عبد الله فاسم الخرماني	من - ب ٩٣٦	أديس أبابا
٢٢ - مكتبة سنتر	من - ب ٨٤٥	مقدشو
٢٣ - عبد الله عالم محمد	لندن	مبابسا
٢٤ - مكتبة توزيع المطبوعات العربية	٤٥ ش كندهار من - ب ٢٠٥	لندن
٢٥ - المكتب التجاري العربي	من - ب رقم ١٥٥	سنتافورة
٢٦ - مكتبة مصر	مكتبة اليوم من - ب ٤٨٠	الخرطوم
٢٧ - مكتبة البحر	مكتبة دعوة من - ب ٢٤	وادي مدني
٢٨ - ركني جرحس بطرسي	المكتبة الوطنية من - ب ٢٤٥	الخرطوم
٢٩ - إبراهيم عبد القيوم	من - ب ٤٤	بور سودال
٣٠ - عوض الله محمود دبور		حطرة
٣١ - عيسى عبد الله		وادي مدني
٣٢ - مصطفى صالح		كومشتي

### أسعار البيع للجمهور في الدول العربية

سوريا ٣٠ قرش سوري - لبنان ٣٠ قرش لبناني - الأردن ٣٠ فلس - العراق ٣٠ فلس - الكويت ٤٠ فلس - السودان ٣٠ فلس - ليبيا ٣٠ فلس - قطر ٥٠ درهم - البحرين ٥٠ فلس - عمان ٧٥ سنت - أديس أبابا ٣٠ سنت - أسرة ٣٠ سنت - الجزائر ٥٠ سنتيم .





الدكتور حسن كامل عواض

- أستاذ العلاج بالاشعاع بكلية الطب بجامعة  
الاسكندرية •

- له ٢٣ بحثا منشورا في انجلترا والولايات  
المتحدة وعشرة بحوث منشورة في المجلات  
الطبية المصرية •

- تدور بحوثه حول اكتشاف الأمراض  
السرطانية وعلاجها واستخدام المواد المشعة  
في قياس معدلات تكوين بروتينات الدم •

- نال جائزة الدولة التشجيعية في العلوم  
الطبية عام ١٩٦٦ •

- حائز على وسام الاستحقاق •

## المكتبة الثقافية

(جامعة حرة)

• خلاصة الفكر القرمي والإنساني

• نجل العزفة متعة نعم الشعر

بالحياة ، رسلاها يساعده على

الانتصار في معركة الحياة

يسرق على السلسلة

الدكتور شكري محمد عياد

Bibliotheca Alexandrina



0962730

يصدر قري

● الحركة

● الجريمة

١٥ ديس

الثلث ٣ قروش

دار الكاتب العربي - صحافة